

**ВСТУП
ДО ЕНЕРГЕТИЧНОГО
МЕНЕДЖМЕНТУ**

Навчальний посібник

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ВСТУП

ДО ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Навчальний посібник
для студентів спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол №2 від 12.12.2014 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2018

УДК 621.311.1:558
В85

Авторський колектив:
С.Ф. Артюх, О.П. Лазуренко, К.В. Махотіло
Г.І. Черкашина, Ю.А. Веремійчук

Рецензенти:
С.П. Денисюк, д-р техн. наук, проф., НТУУ «КПІ» ім. І. Сікорського
М.М. Черемісін, канд. техн. наук, професор ХНТУСГ ім. П. Василенка

В85 Вступ до енергетичного менеджменту : навч. посіб. / С.Ф. Артюх, О.П. Лазуренко, К.В. Махотіло та ін. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – 228 с.

ISBN 978-617-05-0260-5

Розглянуто загальні положення організації навчального процесу у ВНЗ, наведено основні відомості про енергетику, зокрема технологію генерації електричної та теплової енергії, процеси передачі та розподілу енергії, організацію та регулювання виробничих процесів в енергетиці, правові та економічні основи енергозбереження, екологічні аспекти. Визначені основні положення енергетичного менеджменту. Показана роль та значимість запровадження систем енергетичного менеджменту на об'єктах генерації, передачі та розподілу, споживання енергії.

Призначено для студентів енергетичних спеціальностей.

Табл. 8. Іл. 93. 7 Бібліогр. 8.

УДК 621.311.1:558

ISBN 978-617-05-0260-5

© Авторський колектив, 2018 р.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Поняття про фах, спеціальність та спеціалізацію	7
1.1. Діяльність та особистість фахівця з енергетичного менеджменту	8
2. Система підготовки електроенергетичних кадрів	11
2.1. Історія розвитку вищої електроенергетичної освіти	11
2.2. Структура вищого навчального закладу	11
2.3. Організація навчального процесу	13
2.4. Контрольні заходи	16
3. Робота студента в вищому навчальному закладі	19
3.1. Робота студента на лекції	19
3.2. Підготовка до практичних занять	20
3.3. Підготовка до лабораторних робіт та їх виконання	20
3.4. Підготовка до семінарського заняття	22
3.5. Рекомендації щодо виконання розрахунково-графічних робіт	23
3.6. Самостійна робота при вивченні іноземних мов	24
3.7. Самостійна робота при вивченні інженерно-графічних дисциплін	26
3.8. Рекомендації щодо виконання навчально-дослідницької роботи студентів	27
3.9. Самостійна робота в процесі курсового проектування	28
3.10. Підготовка до контрольних робіт	29
3.11. Техніка самостійної роботи студента	30
4. Наукова організація розумової праці студентів	35
4.1. Особливості розумової праці студентів	35
4.2. Умови високої розумової працездатності	36
4.3. Роль фізичних вправ у режимі студентів	37
4.4. Основні принципи організації раціонального відпочинку	38
5. Правова та економічна основа навчання студентів в вищих навчальних закладах	39
5.1. Правова основа вищої освіти	39
5.2. Економічна основа навчання студента у ВНЗ	48
6. Техніка безпеки у роботі студента	51
7. Енергетика та енергоменеджмент	58
7.1. Поняття про галузь «Енергетика»	58
7.2. Значення енергетики для життя людей та науково-технічного прогресу	60
7.3. Поняття енергетичного менеджменту	64
7.4. Енергетичний менеджмент як частина загального менеджменту	65
8. Енергія. Її види та джерела її отримання	67
8.1. Визначення енергії та основні положення про неї	67

8.2. Сонце – основне джерело енергії біосфери	68
8.3. Енергетика життя.....	69
8.4. Енергетичні ресурси та їх світові запаси	72
9. Вироблення енергії	75
9.1. Синхронні генератори.....	75
9.2. Теплові електростанції.....	79
9.3. Атомні електростанції.....	90
9.4. Гідроелектростанції.....	97
9.5. Відновлювана енергетика	112
9.6. Енергетика майбутнього	127
9.7. Менеджмент енергії на електричних станціях	137
10. Передача та розподіл енергії	140
10.1. Лінії електропередач	140
10.2. Трансформатор	142
10.3. Комутаційне обладнання	145
10.4. Електричні підстанції.....	147
10.5. Електричні схеми.....	148
10.6. Електроенергетичні системи	153
10.7. Менеджмент електричної енергії при її передачі	154
11. Передача та розподіл теплової енергії.....	155
11.1. Класифікація теплових систем.....	155
11.2. Теплові мережі.....	157
11.3. Теплові пункти.....	160
11.4. Менеджмент теплової енергії при її передачі	162
12. Споживання енергії	164
12.1. Споживання енергії у населених пунктах.....	164
12.2. Споживання енергії у побуті	174
13. Організація роботи та регулювання виробничих процесів в енергетиці	177
13.1. Режими роботи енергосистем.....	181
13.2. Релейний захист та автоматика	183
13.3. Якість енергії та керування нею.....	186
13.4. Енергетичний ринок.....	188
13.5. Оптимізація режимів роботи енергосистем.....	190
14. Правові та економічні основи енергозбереження	191
14.1. Основні правові та нормативні документи в сфері енергозбереження	191
14.2. Економічні та фінансові механізми енергозбереження.....	193
15. Екологія і енергетика.....	195
Список літератури.....	

Вступ

Навчальна дисципліна «Вступ до спеціальності» є першою спеціальною дисципліною в навчальному плані підготовки фахівців з енергетичного менеджменту. Вона дозволяє студенту-першокурснику сформувати початкові знання про майбутню спеціальність, орієнтуватися під час навчання у ВНЗ та розуміти необхідність вивчення тих навчальних дисциплін, які будуть запропоновані йому на шляху до отримання диплому бакалавра, а потім магістра.

Спеціалізація **«Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»** дуже актуальна, сучасна і вкрай важлива. Фахівці-енергоменеджери необхідні державі, бо вони вирішують питання підвищення енергоефективності економіки України та переходу до поновлюваних джерел енергії.

У вищому навчальному закладі студент повинен буде отримати необхідні знання, вміння та навички, щоб прийшовши на виробництво, у проектну організацію або у наукову лабораторію зміг би працювати творчо і з повною віддачею.

Головна мета навчальної дисципліни «Вступ до спеціальності» полягає у тому, щоб створити у першокурсника початкові знання про його майбутню професію та спеціальність, пробудити інтерес та бажання засвоїти її, показати йому призначення фахівця з енергоменеджменту, викликати у нього почуття гордості за обрану ним професію, надати упевненості у правильності її вибору.

Завдання дисципліни полягає в дохідливому викладанні загальних основ організації навчального процесу у ВНЗ та організації роботи студента протягом навчального року. Курс повинен дати студенту початкові знання про енергетику в цілому та електроенергетику як основу його спеціальності.

Прослухавши та вивчивши цей курс, студент повинен добре зрозуміти про що в ньому йшлося та чітко відповісти на запитання: «Хто такий фахівець з енергоменеджменту?» та «Що означають твоя професія та спеціальність?»

Навчальний посібник побудований так, що окремі розділи можуть вивчатися незалежно один від іншого і використовуватися студентами інших спеціальностей при вивченні суміжних дисциплін.

Цей посібник буде студенту підмогою під час вивчення навчальної дисципліни «Вступ до спеціальності», з якої власне починається його виховання

як спеціаліста. В ньому він знайде багато інформації технічного плану та поради, які допоможуть йому самостійно орієнтуватися у широкому обсязі науково-технічної та громадсько-політичної інформації, виховувати широкий кругозір та високу культуру мислення.

Також він побудований так, що для засвоєння матеріалу навчальної дисципліни достатньо тих знань, які студент отримав у школі. Цей посібник повинен зацікавити студента і допомогти йому в систематичній самостійній роботі над курсом.

Весь навчальний матеріал, наведений у цій книжці, тісно пов'язаний з програмою навчальної дисципліни, яку йому належить вивчити, та підготуватися для подальшого складання заліку.

Автори.

1. ПОНЯТТЯ ПРО ФАХ, СПЕЦІАЛЬНІСТЬ ТА СПЕЦІАЛІЗАЦІЮ

З перших кроків твого перебування у вищому навчальному закладі, дорогий першокурсник, із вуст твоїх педагогів залунають слова «фах», «спеціальність», «спеціалізація» та «кваліфікація». Їх ти зустрінеш на сторінках твоїх підручників і на шпальтах газет та журналів. Що вони означають, і як всі ці поняття будуть поєднуватися з твоєю теперішньою та майбутньою діяльністю?

Почнемо з поняття «**фах**» (професія). Слово це дуже старе, воно пішло від латинського слова «**professio**», а те, в свою чергу, від слова «**profiteor**» – **оголошую свою справу**. Воно означає вид трудової діяльності, яка потребує відповідної підготовки і є звичайно джерелом існування людини.

Твій **фах**, першокурснику, – **фахівець з енергоменеджменту**. Він і визначає вид твоєї майбутньої трудової діяльності, якої тебе і будуть навчати у ВНЗ.

Те, чим тобі прийдеться займатися конкретно, коли ти будеш працювати, визначає поняття «**спеціальність**», яке пішло від латинського слова «**specialis**», що при перекладі на українську мову означає – «**особливий**». Це слово, у свою чергу, пішло від слова «**species**» – вид. Таким чином, спеціальність визначає особливий вид діяльності людини у межах відповідного фаху.

Спеціальність існує та формується у межах фаху як більш широкого та стійкого виду розподілу праці. Фах може охоплювати декілька спеціальностей. Так, наприклад, широко відомий всім фах «лікар» охоплює велику кількість спеціальностей, наприклад: «терапевт», «хірург», «невропатолог», «стоматолог» та ін.

Існує затверджений Урядом України перелік спеціальностей, які готують ВНЗ України. Кожна зі спеціальностей віднесена до своєї галузі знань. Твоя спеціальність віднесена до 14 галузі знань «Електрична інженерія» під номером 141 і називається «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

У межах однієї спеціальності здійснений розподіл за більш вузькими напрямками підготовки, які називаються «**спеціалізаціями**». Твоя спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» має номер 5 у рамках твоєї спеціальності.

Нарешті ми дійшли до поняття «**кваліфікація**», яке пішло від латинського слова «**qualis**», що означає «**якої якості**». Воно визначає рівень підготовленості фахівця (його здатність) для виконання якої-небудь праці. Ми вже говорили про освітньо-кваліфікаційні рівні спеціалістів, які вони отримують після закінчення вищих навчальних закладів (бакалавр, магістр).

Щодо кваліфікації інженерів на виробництві, то вона визначається або категоріями (перша, друга, третя, старший інженер), або відповідає посаді, яку займає інженер (майстер цеху, начальник цеху).

1.1. Діяльність та особистість фахівця з енергетичного менеджменту та енергоефективних технологій

Праця фахівця з енергетичного менеджменту та енергоефективних технологій полягає в його діяльності, характер якої показано на рис. 1.

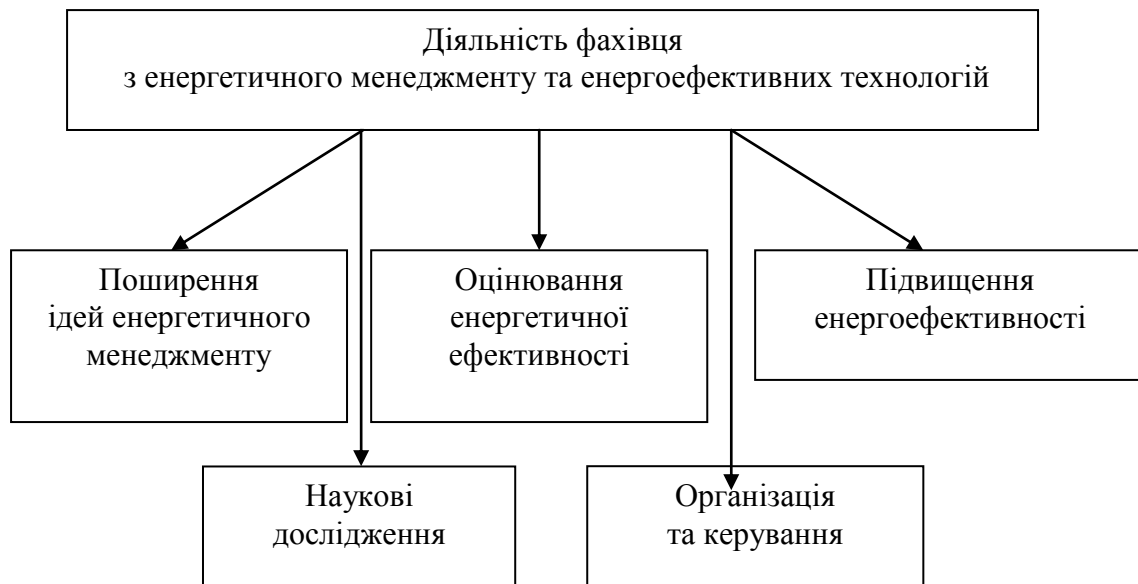


Рис. 1. Структура діяльності фахівця з енергетичного менеджменту та енергоефективних технологій

Поширення ідей енергетичного менеджменту. Ефективна комунікація є абсолютно необхідною для забезпечення успішної реалізації та роботи системи енергетичного менеджменту. Доречна та регулярна інформація про систему енергетичного менеджменту робить певний внесок у мотивацію зацікавлених сторін, змушуючи їх дотримуватися енергетичної політики та брати активну участь у досягненні енергетичних цілей та планових показників.

Для досягнення оптимальних результатів та сталого підвищення показників енергетичної ефективності необхідно працювати в усіх сферах, котрі вимагають активної участі всіх зацікавлених сторін, працівників та громадськості. Зацікавлені сторони мають активно підтримувати запровадження та функціонування енергетичного менеджменту, працівники – показувати, як саме забезпечити оптимізацію показників.

Оцінювання енергетичної ефективності. Енергоефективність – співвідношення між кількістю енергії на виході процесу перетворювання до кількості енергії на вході. Для окремих виробів це поняття збігається з поняттям «коефіцієнт корисної дії» (ККД).

Оцінювання енергоефективності дає можливість порівнювати різні ви-
роби однакового призначення з погляду споживання енергії.

Підвищення енергоефективності. Підвищення енергоефективності необхідне для сталого розвитку як окремих підприємств, так і країни у цілому. На сьогоднішній день існують стандартні методи та способи для підви-

щення енергоефективності у різних технічних системах. Фахівець з енергетичного менеджменту повинен уміти та мати навички застосування у своїй практичній діяльності як стандартних методів, так і розробляти нові, базуючись на свої знання та вміння.

Науково-дослідна діяльність фахівця з енергоменеджменту передбачає участь у розробці та вирішенні наукових проблем, пов'язаних з ефективною роботою енергетичних об'єктів та їх режимами. Ця діяльність вимагає від фахівця з енергоменеджменту глибоких теоретичних знань у галузі електротехніки та електроенергетики, вміння проводити складні математичні розрахунки та експерименти як в умовах лабораторій, так і безпосередньо на діючому обладнанні.

Накопичення життєвого та професійного досвіду спеціалістом, зростання його творчих здібностей дають йому у подальшому можливість займати керівні посади у тих колективах, де він працює. Тоді характер його діяльності змінюється і набуває вигляду **організаційно-керівної**, тобто такої, яка пов'язана з управлінням колективом людей та їх життєзабезпеченням. Цей вид діяльності є надто відповідальним і потребує від керівника глибоких спеціальних знань, уміння працювати з людьми, великої нервової напруги, цілеспрямованості та ін. Від керівника залежить доля інших людей, їх благополуччя, ефективність роботи підрозділу, або установи в цілому. До такого виду діяльності спеціаліст повинен готуватися заздалегідь, ще у ВНЗ, щоб потім стати добрим керівником і виконувати всі покладені на нього завдання.

Всі зазначені вище види діяльності спеціаліста вимагають особливого підходу до виховання особливості фахівця з енергоменеджменту, до розвитку його професійних та психофізіологічних якостей. Основні характеристики такої особистості наведені на рис. 2.

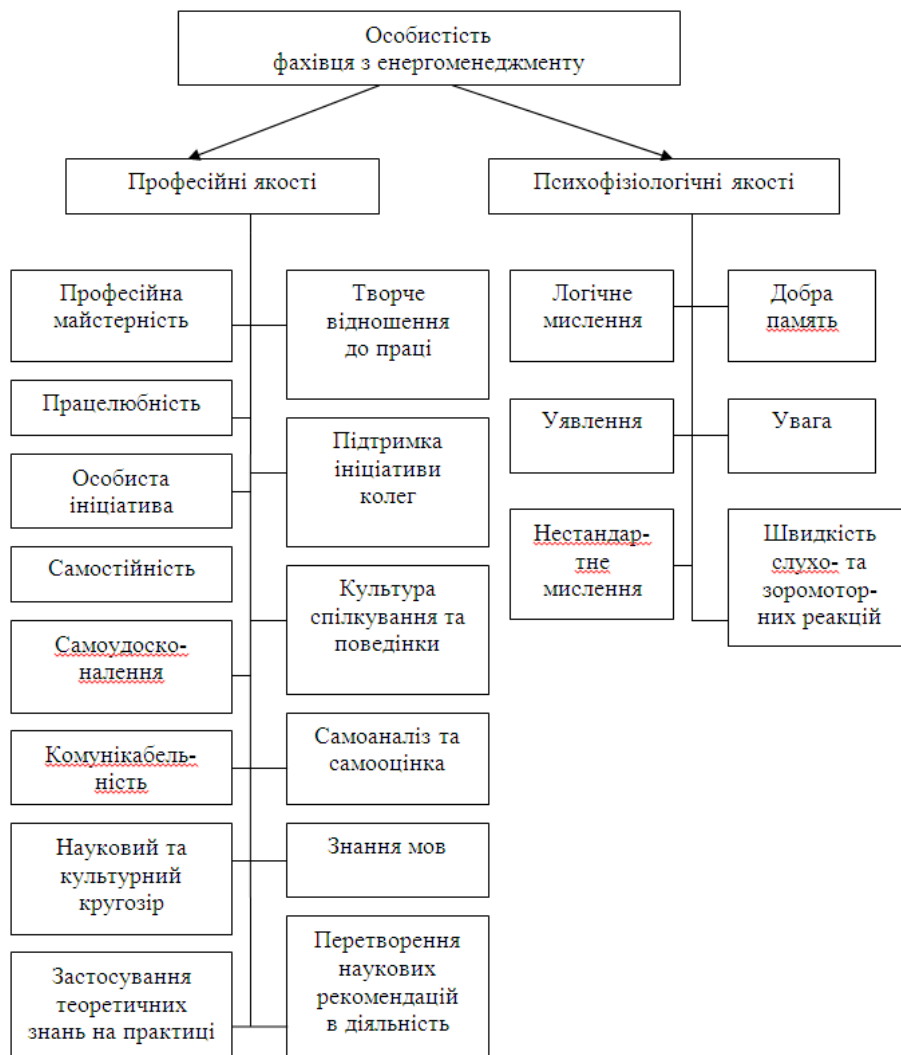


Рис. 2. Якості, які потрібні фахівцю з енергоменеджменту

Всі якості особистості, що показані рис. 2, повинні бути тісно пов'язані між собою, доповнювати одне одного, і повинні бути внутрішньо присутні у спеціаліста. Тільки у такому випадку спеціаліст може стати **«Особистістю»** з великої літери, прикладом для інших, шановною та авторитетною людиною для своїх колег. Саме така людина достойна стати в подальшому керівником колективу.

Якщо узагальнити всі ті риси, які повинні бути притаманні інженеру-електрику, то всі вони характеризують його головну якість – високу самовіддачу дорученій справі, любов до людей та натхнення у роботі.

Запитання для самоперевірки

1. Дайте визначення поняттям «фах», «спеціальність», «спеціалізація» та «кваліфікація».
2. Назвіть види діяльності фахівця з енергоменеджменту і охарактеризуйте їх.
3. Які якості повинен мати фахівець з енергоменеджменту?
4. Назвіть основне призначення фахівця з енергоменеджменту.

2. СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ КАДРІВ

2.1. Історія розвитку вищої електроенергетичної освіти

Історія розвитку вищої електроенергетичної освіти в Україні тісно пов'язана з історією її розвитку в Російській імперії, до складу якої вона входила. Її початок датується 30-ми роками XIX сторіччя, коли почалося широке практичне застосування електротехніки. Саме у цей час у Росії було створено перший навчальний заклад, який почав готувати інженерів з електротехніки. Ним стало Головне інженерне училище військового відомства (1856 р.). У 1862 р. був заснований Ризький політехнічний інститут, у 1844 р. була заснована технічна академія «Львівська політехніка», у 1885 р. – Харківський політехнічний інститут, а у 1898 р. засновано Київський політехнічний інститут.

У 1888 р. Московське ремісниче училище було перейменоване на Вище Імператорське технічне училище (тепер МВТУ імені Баумана). В усіх названих навчальних закладах було відкрито підготовку інженерів-електриків. Поступово почали створюватися спеціалізовані вищі навчальні заклади. Першим вищим профільним електротехнічним навчальним закладом Росії стало Телеграфне училище Міністерства внутрішніх справ, яке було засновано у 1886 р. Пізніше воно було перетворено на Електротехнічний інститут. І нарешті, у 1905 р. від МВТУ відокремився Московський енергетичний інститут.

Надалі всі технічні ВНЗ, які відкривалися або мали у своєму складі електроенергетичні факультети, або готували інженерів-електриків окремих спеціальностей та спеціалізацій.

Підготовка спеціалістів з енергоменеджменту та енергоефективних технологій почалася з початку 2000-х рр. практично одночасно у Київському і Харківському політехнічних інститутах. Передумовою для цього стала зміна державного устрою в Україні, яка привела до суттєвої зміни економіки країни, необхідності суворого заощадження енергоресурсів та енергії в усіх сферах життя, появи енергоринку та необхідності пошуку альтернативних і дешевих джерел електроенергії.

Згодом підготовка таких спеціалістів почалася в усіх політехнічних університетах та у багатьох профільних ВНЗ України.

2.2. Структура вищого навчального закладу

Структури ВНЗ у більшості випадків подібні і різняться між собою лише деякими відмінностями у системі управління ВНЗ.

На чолі ВНЗ стоїть ректор, який обирається колективом університету та затверджується Міністром освіти. Ректор ВНЗ є, як правило, провідним вченим та досвідченим педагогом. Він керує всіма напрямками діяльності ВНЗ: фінансовим, навчальним, методичним, науковим, виробничим та ін. Він же є Головою Вченої Ради університету, яка є вищим його органом.

За кожним із напрямків діяльності ВНЗ у ректора є заступники, які називаються **проректорами**. Кожен проректор має у своєму підпорядкуванні відповідні підрозділи, які забезпечують поточну діяльність ВНЗ.

Ректору безпосередньо підпорядковані: бухгалтерія на чолі з головним бухгалтером, канцелярія на чолі з її завідуючою, відділ кадрів на чолі з начальником цього відділу, відділ зарубіжних зв'язків на чолі з начальником цього відділу, планово-фінансовий відділ з його начальником. Для допомоги ректору в його оперативній роботі призначається помічник ректора.

Для ведення підготовки засідань Вченої Ради, протоколів цих засідань, контролю за виконанням рішень Ради наказом ректора призначається **Вчений секретар Ради**.

Основним осередком ВНЗ є **кафедра** (від грецького *kathedra*, буквально – сидіння), яка являє собою підрозділ, що об'єднує в собі фахівців одного профілю для ведення навчальної роботи з однієї або декількох поріднених навчальних дисциплін. На чолі кафедри стоїть її завідуючий, який є, як правило, доктором наук або професором, провідним ученим у цій галузі науки і техніки. До складу кафедри входять викладачі, навчально-допоміжні співробітники (інженери, лаборанти, техніки), а також наукові співробітники, які виконують наукові дослідження за напрямком кафедри.

Кафедри, які забезпечують підготовку спеціалістів однієї галузі промисловості або науки, об'єднуються у факультети, назва яких відповідає галузі або напрямку (електроенергетичний, машинобудівний, інженерно-фізичний, електромашинобудівний та ін.).

Факультет очолює декан факультету, який керує всіма напрямками діяльності факультету і персонально відповідає за його роботу перед ректором ВНЗ.

Структура ВНЗ може змінюватися, що може обумовлюватися необхідністю покращення керівництва ВНЗ, зміною напрямків підготовки спеціалістів, появою нових спеціальностей, кафедр, факультетів, розвитком науково-технічного прогресу та ін.

Робота всіх без винятку підрозділів націлена на забезпечення нормальних умов життя студентів у ВНЗ та роботи викладачів.

Навчальна частина планує та організує проведення навчальної роботи зі студентами, розробляє разом з кафедрами основні організаційні документи, які кладуть потім в основу планування навчального процесу у ВНЗ. Він також контролює якість навчального процесу викладачами кафедр та успішність студентів. Крім того, начальник навчальної частини готує на підпис ректору проекти наказів, які стосуються зарахування та відрахування студентів, надання їм академічних відпусток, надання можливості окремим студентам повторного навчання (при наявності поважних причин), винесення догани студентам, які порушують правила поведінки у ВНЗ або у гуртожитку тощо.

Відділ кадрів виконує роботу, пов'язану із оформленням на роботу та звільненням всіх категорій працівників ВНЗ, веде і зберігає особисті справи працівників та студентів, які на даний час працюють або навчаються у ВНЗ. Після закінчення студентом ВНЗ відділ кадрів повертає йому первинні документи про освіту, які він подав при вступі у даний ВНЗ, забирає у студента залікову книжку та студентський квиток, видає студенту направлення на ро-

боту, формує і передає в архів на збереження його особисту справу. Відділ кадрів також слідкує за трудовою дисципліною працівників ВНЗ і своєчасно інформує ректора про випадки її порушення окремими із них.

Планово-фінансовий відділ складає кошториси на поточний рік і разом з ректором планує витрати фінансів, які отримує ВНЗ. Він контролює поточний фінансовий стан ВНЗ і разом з бухгалтерією складає квартальні та річні звіти.

Головна бухгалтерія ВНЗ веде фінансові операції, пов'язані з отриманням грошей у банку, видачу заробітної плати співробітникам та стипендій студентам і аспірантам, перераховує гроші за комунальні послуги та покупки ВНЗ у торговій мережі та в окремих фірмах, приймає гроші за послуги у співробітників і студентів та ін.

Науково-дослідна частина (НДЧ) планує та організує проведення кафедами та лабораторіями ВНЗ науково-дослідних робіт, визначає перспективний напрямок їх розвитку, забезпечує їхнє фінансування, патентування, виставки та втілення у практику, складає та подає до Міністерства освіти і Комітету у справах науки та технологій звіти про виконання цих робіт. Одночасно НДЧ організує роботу аспірантури і докторантури.

Адміністративно-господарча частина забезпечує всю господарську діяльність ВНЗ, порядок на його території та у навчальних корпусах, нормальне функціонування студентських гуртожитків та їдалень, своєчасний ремонт будівель і споруд.

2.3. Організація навчального процесу

Навчальний процес у ВНЗ (надалі – навчальний процес) – це система організаційних і дидактичних заходів, спрямованих на реалізацію змісту освіти на певному освітньо-кваліфікаційному рівні відповідно до стандартів вищої освіти.

Навчальний процес базується на принципах науковості, гуманізму, демократизму, наступності та безперервності, незалежності від політичних партій, громадських і релігійних організацій.

Навчальний процес організується з урахуванням можливостей сучасних інформаційних технологій навчання та орієнтується на формування освіченої, гармонійно розвиненої особистості, здатної до постійного оновлення наукових знань, професійної мобільності та швидкої адаптації до змін і розвитку в соціально-культурній сфері, у галузях техніки, технологій, системах управління та організації праці в умовах ринкової економіки.

Центральною організаційною ланкою навчального процесу є гуманітарні, соціально-економічні, природничо-наукові, загально-інженерні, психолого-педагогічні, спеціальні кафедри та всі факультети.

Організація навчального процесу базується на Законах України «Про освіту» та «Про вищу освіту», «Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах», законодавстві про працю, наказах Міністерства освіти і науки України, наказах ректора, рішеннях вченої ради, реко-

мендаціях науково-методичної ради та інших нормативних актах, які регламентують питання організації навчального процесу.

Нормативною базою функціонування вищої освіти і відповідно організації навчального процесу є **система стандартів** вищої освіти, що визначає її зміст.

Загальне керівництво навчальним процесом здійснює ректор ВНЗ, а безпосереднє управління – проректори з навчальної роботи та підпорядковане їм навчально-методичне управління.

2.3.1. Форми навчання студентів

Навчання у ВНЗ здійснюється за такими формами: денна, заочна й дистанційна.

З дозволу Міністерства освіти і науки України навчання може здійснюватися за особливою формою – екстернатом.

Денна форма навчання є основною формою здобуття певного освітньо-кваліфікаційного рівня з відривом від виробництва.

Заочна та дистанційна форми навчання є формами здобуття певного освітньо-кваліфікаційного рівня підготовки фахівця без відриву від виробництва.

2.3.2. Форми організації навчального процесу

Навчальний процес у ВНЗ здійснюється у таких формах: аудиторні заняття, виконання індивідуальних завдань, самостійна робота студентів, практична підготовка, контрольні заходи.

Основні види навчальних занять у навчальному закладі: лекції, лабораторні, практичні, семінарські, індивідуальні заняття; та консультації. Інші види навчальних занять визначаються за порядком, встановленим освітнім стандартом ВНЗ.

Лекція – основний вид навчального заняття для очної підготовки фахівців. Це логічно завершений, науково обґрунтований і систематизований виклад навчального матеріалу, ілюстрований засобами наочності та демонстрацією дослідів.

Лекція формує основи знань у певній науковій галузі, визначає напрями, зміст і характер усіх інших видів навчальних занять та самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни.

Лекційні потоки формуються із студентів певного курсу однієї спеціальності або різних спеціальностей одного освітньо-кваліфікаційного рівня.

Лекції проводяться професорами, доцентами, старшими викладачами навчального закладу, а також провідними науковцями або спеціалістами, запрошеними для читання лекцій.

Лабораторні заняття – вид занять, на яких студенти під керівництвом викладача проводять натурні або імітаційні експерименти чи досліді у спеціально обладнаних навчальних лабораторіях з використанням устаткування, пристосованого для умов навчального процесу. Мета лабораторного заняття – практичне підтвердження окремих теоретичних положень даної навчальної

дисципліни, набуття практичних умінь роботи з лабораторним устаткуванням, обладнанням, обчислювальною технікою, вимірювальною апаратурою, методикою експериментальних досліджень у конкретній предметній галузі.

Етапи проведення лабораторного заняття такі: інструктаж з правил безпеки і контроль за їх дотриманням, попередній контроль підготовки студентів, де виконання конкретної лабораторної роботи, виконання конкретних завдань відповідності з тематикою, оформлення індивідуального звіту, оцінювання роботи студента. Лабораторне заняття проводиться або цілою групою, або з поділом її на підгрупи.

Практичне заняття – це практичне закріплення окремих теоретичних положень навчальної дисципліни шляхом індивідуального виконання студентами сформульованих викладачем завдань. Мета практичного заняття – розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих студентами на лекціях та у процесі самостійної роботи і спрямованих на підвищення рівня засвоєння навчального матеріалу, прищеплення вмінь та навичок, розвиток наукового мислення.

Практичне заняття проводиться з академічною групою.

Семінари – обговорення студентами запитань з попередньо визначених навчальною програмою тем у формі бесіди, рецензування та обговорення рефератів, доповідей та дискусій.

Семінари сприяють розвитку творчої самостійності студентів, поглиблюють їх інтерес до науки і наукових досліджень, розвивають культуру мови, вміння та навички публічного виступу, участі у дискусії. Семінарське заняття проводиться у складі академічної групи.

Індивідуальні заняття проводяться у позанавчальний час за окремим графіком з урахуванням потреб і можливостей студента.

Консультація проводиться з метою отримання студентом відповіді на окремі теоретичні чи практичні запитання, для пояснення певних теоретичних положень чи аспектів їх практичного застосування. Консультації здійснюються викладачами протягом семестру та перед контрольним заходом (наприклад, екзаменаційні консультації).

Індивідуальні завдання – одна із форм організації навчання, яка має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які студенти одержують у процесі навчання, а також застосування цих знань на практиці. До індивідуальних завдань відносяться реферати, розрахунково-графічні завдання, курсові та дипломні проекти (роботи) тощо. Індивідуальні завдання виконуються окремо кожним студентом самостійно під керівництвом викладача.

Курсовий проект (робота) – індивідуальне завдання навчально-дослідного, творчого чи проектно-конструкторського характеру, яке має на меті не лише поглиблення, узагальнення і закріплення знань студента з навчальної дисципліни, а й застосування їх при вирішенні конкретного фахового завдання і вироблення вміння самостійно працювати з навчальною і науковою літературою, комп'ютерною технікою, лабораторним обладнанням, використовуючи сучасні інформаційні засоби та технології.

Під час навчання кожен студент виконує декілька курсових проектів (робіт) з навчальних дисциплін, які є базовими для відповідної спеціальності. Студентам надається право вільного вибору теми роботи із запропонованого кафедрою переліку.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконується на завершальному етапі навчання студентів у ВНЗ (8-й семестр) і передбачає закріплення, поглиблення й узагальнення знань та їх застосування для вирішення конкретного комплексного завдання у вигляді вихідної самостійної роботи.

Кваліфікаційна робота магістра – це наукова робота, яка виконується на базі теоретичних знань, умінь, навичок, отриманих протягом усього терміну навчання й самостійної науково-дослідної роботи, пов'язаної з розробкою теоретичних і науково-виробничих задач прикладного характеру, які визначаються специфікою спеціальності.

Кваліфікаційні роботи бакалавра і магістра виконуються студентами на завершальному етапі фахової підготовки і є однією з форм перевірки теоретичних та практичних знань, уміння їх застосовувати при розв'язанні конкретних наукових, технічних, педагогічних, економічних, соціальних та виробничих завдань. Тематика кваліфікаційних робіт розробляється спеціальними кафедрами.

Керівники кваліфікаційних робіт призначаються із професорів і доцентів. У випадках, коли кваліфікаційна робота має прикладний характер, до керівництва можуть залучатися висококваліфіковані спеціалісти відповідної галузі. Студентам надається право запропонувати свою тему кваліфікаційної роботи з обґрунтуванням доцільності її розробки. Бажано, щоб тема дипломного проекту була пов'язана з місцем майбутньої роботи випускника.

Самостійна робота студента – основний засіб засвоєння навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Обсяг та зміст самостійної роботи над конкретною навчальною дисципліною визначається навчальним планом та робочою навчальною програмою дисципліни. Обсяг самостійної роботи повинен складати не менше 1/3 та не більше 2/3 загального обсягу навчального часу студента для конкретної дисципліни.

Практична підготовка – невід'ємна складова процесу підготовки фахівців і проводиться на оснащених відповідним чином базах практики та на сучасних підприємствах енергетичного профілю.

До керівництва практикою студентів залучають досвідчених викладачів та спеціалістів з даного фаху, які працюють в організації, установі, де проходить практика. Терміни проведення практики визначаються навчальним планом, а її зміст – навчальною програмою практики.

2.4. Контрольні заходи

Поточний контроль занять має на меті перевірку рівня підготовки студентів із певних розділів і здійснюється під час проведення практичних, лабораторних та семінарських занять.

Підсумковий контроль – проводиться з метою оцінювання результатів навчання студентів на певному освітньо-кваліфікаційному рівні або на окремих його етапах. Підсумковий контроль включає семестровий контроль і державну атестацію студента. Викладачі дисциплін можуть використовувати модульну та інші форми підсумкового контролю після закінчення логічно завершеної частини лекційних та практичних занять, а їх результати враховувати при виставленні підсумкової оцінки.

Семестровий контроль – проводиться у формі екзамену, заліку або диференційованого заліку. Ці форми контролю проводяться письмово або усно.

Семестровий екзамен – це форма підсумкового контролю засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу з окремої навчальної дисципліни за семестр.

Семестровий диференційований залік – це форма підсумкового контролю, що полягає в оцінюванні засвоєння студентом навчального матеріалу з певної дисципліни виключно на підставі результатів виконаних індивідуальних завдань (розрахункових, графічних тощо). Семестровий диференційований залік планується при відсутності модульного контролю та екзамену.

Семестровий залік – це форма підсумкового контролю, що полягає в оцінці засвоєння студентом навчального матеріалу виключно на підставі результатів виконання ним певних видів робіт на практичних, семінарських або лабораторних заняттях. Семестровий залік планується при відсутності модульного контролю та екзамену.

Студент вважається допущеним до семестрового контролю з конкретної навчальної дисципліни (семестрового екзамену, диференційований заліку або заліку), якщо він виконав всі види робіт, які передбачені навчальним планом на семестр з цієї навчальної дисципліни.

Екзамени складаються студентами у період екзаменаційних сесій, передбачених навчальним планом. Навчальний заклад може встановлювати студентам індивідуальні терміни складання заліків та екзаменів.

Порядок проведення екзаменів при модульній системі організації і контролю навчального процесу встановлюється кафедрами згідно з затвердженими основними положеннями та методичними вказівками щодо застосування модульно-рейтингової системи.

Екзамени проводяться згідно з розкладом, який доводиться до відома викладачів і студентів не пізніше, як за місяць до початку сесії.

Результати складання екзаменів і диференційованих заліків оцінюються за чотирибальною вітчизняною шкалою («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») і одночасно в оцінках міжнародної шкали тобто, в балах (А, В, С, Д, Е), вносяться в екзаменаційну відомість, залікову книжку та навчальну картку студента.

Державна атестація студента здійснюється державною екзаменаційною комісією після завершення навчання на певному освітньо-кваліфікаційному рівні або його етапі з метою встановлення фактичної відпо-

відності рівня освітньо-кваліфікаційної підготовки вимогам освітньо-кваліфікаційної характеристики. Присвоєння кваліфікації здійснює державна екзаменаційна комісія (ДЕК) на основі результатів захисту дипломної роботи.

Запитання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте коротко історію розвитку електроенергетичної вищої освіти на Україні.
2. Назвіть основні складові структури вищого навчального закладу.
3. Назвіть основні форми навчання студентів у ВНЗ.
4. Перелічіть та коротко охарактеризуйте основні форми організації навчального процесу в ВНЗ.

3. РОБОТА СТУДЕНТА У ВИЩОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ

Студенту, який вступить до ВНЗ, із самого початку необхідно твердо засвоїти, що процес навчання у ВНЗ – це велика і напружена робота в аудиторіях та вдома, із затратою фізичної, розумової та нервової енергії. Студентське життя приносить також багато радощів, пов'язаних із спілкуванням зі своїми ровесниками, колективними походами на розважальні заходи, організацією студентської самодіяльності, зайняття спортом, виїздами на природу тощо. Розумне поєднання навчання та відпочинку, з раціональним використанням виділеного для цього часу є для студента завданням надзвичайно важливим.

З самого початку студент, що прийшов до ВНЗ повинен засвоїти головне правило, яке полягає у тому, що **навчатися треба вміти**. Навчання – це не хаотичне збирання знань, які лавиною падають на студента в інститутських аудиторіях, бібліотеках та читальних залах. Навчання – це строго організований за цілком визначеними правилами процес одержання та засвоєння інформації, перевірки та закріплення окремих наукових положень, розвитку мислення та самоорганізації для самостійної роботи над книгою, а також вироблення навичок для подальшої постійної самоосвіти.

Процес навчання включає у себе такі складові: **розуміння – знання – уміння**.

Кожна із цих складових вимагає до себе особливого підходу, а всі вони дуже тісно пов'язані між собою. Абсолютно очевидним є те, що засвоєння навчального матеріалу повинно розпочинатися з розуміння його суті, головних законів, основних положень. Тільки ясне та чітке розуміння навчального матеріалу, що викладається, допоможе потім запам'ятати його основні положення та формули і навчитися застосовувати їх на практиці. Знання стають знаннями не в результаті простого запам'ятовування одержаного матеріалу, а у результаті усвідомленого його засвоєння, якому передувало чітке розуміння того, що треба запам'ятати для накопичення довгочасного знання та швидкого його використання у випадку практичної необхідності, що та де знайти у разі необхідності проведення розрахунків та проектування, що повинно скласти основу подальшої самоосвіти та орієнтування у суміжних областях знань. І тому абсолютно зрозуміло, що уміння базуються на міцних знаннях людини, на ясному розумінні того, як застосувати ці знання на практиці.

Уміння, у свою чергу, вимагають практики для їх закріплення та вдосконалення. Формування умінь також має свої правила. Всі види організації навчального процесу та його складові, такі як лекції, практичні та лабораторні заняття, семінари перетворюються в єдину систему знань тільки тоді, коли вони підкріплюються самостійною роботою студентів.

3.1. Робота студента на лекції

Багато студентів-першокурсників, приходячи на лекцію до викладача сприймають її як пасивну форму занять, яку треба просто слухати та конспек-

тувати, щоб було легше готуватися до заліків та іспитів. Але таке відношення до лекції є дуже помилковим.

Лекція вимагає від студента не тільки уваги, але й активної роботи. На лекції студент вперше одержує основні відомості про матеріал та про основні положення курсу, що вивчається, про основні закони науки, які закладені в основу розвитку даної галузі науки або техніки. Тут демонструється достовірність та доказ цих законів. Слухаючи лекцію, студент повинен навчитися виділяти у ній логіку основного змісту, послідовність математичних доказів, головні, принципові позиції, які лектор підкреслює у ході викладення матеріалу. Важливо те, щоб студент творчо сприймав зміст лекції і зміг у нових умовах самостійно їх застосовувати.

Слухаючи лекцію, не потрібно розсіювати увагу на дрібниці, якщо вони навіть незрозумілі, їх слід відзначати на полях конспекту, для того щоб вияснити їх пізніше у лектора.

Для закріплення почутого на лекції матеріалу студент повинен проробити записану лекцію вдома. Самостійна робота над лекцією залежно від складності теми повинна складати від 15 до 30 хв. При цьому треба постаратись самостійно вивести окремі формули, виділити найбільш важливі місця в лекції (формування, поняття, висновки). Якщо у процесі записування лекції дещо було пропущено, то необхідно заповнити цей пробіл, вивчивши пропущене у підручнику або у товаришів.

3.2. Підготовка до практичних занять

При підготовці до практичних занять студент повинен, перш за все, добре засвоїти теоретичний матеріал за темою цього заняття, проробивши його за конспектом лекцій, підручником чи посібником. Корисно виписати окремі формули у зошит, в якому він збирається відображати роботу на практичних заняттях.

Якщо за порядком підготовки до практичного заняття лектор видав домашнє завдання, то його обов'язково треба виконати вдома. Якщо при цьому виникнуть запитання, то їх потрібно записати і задати викладачу на практичному занятті.

3.3. Підготовка до лабораторних робіт та їх виконання

Метою лабораторних робіт є:

- засвоєння та закріплення лекційного матеріалу, більш глибоке розуміння теорії;
- дослідження взаємодій кількох факторів у комплексних роботах (особливо на старших курсах);
- засвоєння навичок проведення експерименту;
- ознайомлення з апаратурою, принципами її роботи, матеріалами тощо.

При підготовці до лабораторних занять необхідно дотримуватися нескладних рекомендацій:

- добре засвоїти та розуміти інструкції з техніки безпеки, та роботу в лабораторії;
- перед роботою в лабораторіях з електромеханічними установками вивчити та здати екзамен з питань електробезпеки;
- роботи провести в установлені строки, а при їх порушенні ліквідувати заборгованість при першій можливості, не відкладаючи на більш пізній час;
- до виконання роботи обов’язково вивчити лекційний матеріал та літературу з відповідних питань;
- вивчити та зрозуміти завдання і методичні вказівки до нього;
- скласти план роботи, всі необхідні схеми та ескізи установок;
- особливу увагу приділити можливостям одержання необхідних режимів (що змінити і як, щоб одержати необхідний режим чи процес, як їх реалізувати);
- заздалегідь підготувати бланк протоколу зі схемами та ескізами, теоретичними формулами, таблицями записів згідно з особливостями роботи та вимогами даної лабораторії.

Під час виконання лабораторних робіт необхідно дотримуватися таких правил:

- у заведеному в лабораторії порядку одержати дозвіл на роботу (необхідно здати звіт про попередню роботу, пред’явити бланк протоколу поточної роботи та показати необхідну теоретичну підготовку);
- вибрати апаратуру, оглянути її та перевірити відповідно до вимог роботи;
- підготувати апаратуру до роботи (скласти схеми, з’єднати та налагодити апаратуру) і одержати дозвіл розпочати роботу;
- під час роботи суворо дотримуватися вимог інструкцій з техніки безпеки і не допускати їх порушення іншими студентами;
- не заважати іншим працюючим (наприклад, розмовами);
- не займати апаратуру, що не призначена для роботи;
- розуміти всі операції, що виконуються під час роботи (механічне виконання робіт не допускається);
- слід відрізнити головне – досліджуваний процес від другорядних явищ, уміти оцінити можливості появи помилок;
- оцінювати результати на місці, викреслюючи необхідні залежності чи обчислюючи необхідні величини;
- слідкувати, щоб була виконана необхідна кількість вимірювань для охарактеризування досліджуваного явища (щоб було достатньо точок для викреслювання кривої, щоб були досліджені всі передбачені режими тощо);
- всі одержані результати слід ретельно записати, щоб даних було достатньо при оформленні роботи і щоб при опрацюванні їх не виникло непорозуміння;
- після роботи апаратуру та робоче місце необхідно прибрати і здати персоналу лабораторії.

3.3.1. Рекомендації зі складання звіту про роботу

- звіт слід, по можливості, оформляти уже в лабораторії під час занять, у всякому випадку, основні розрахунки та обробку результатів;
- якщо звіт не зданий під час лабораторних занять його треба оформляти негайно, пізніше це потребує більше часу та зусиль;
- звіт повинен бути складеним, оскільки це робиться на практиці при опублікуванні результатів своїх робіт, з вимогами Державних стандартів, вимог кафедр відносно обґрунтувань, термінології тощо;
- всі графіки, таблиці, рисунки повинні бути пронумеровані з відповідними обґрунтуваннями та поясненнями;
- у звіті слід оцінити роботу, одержані результати, їх точність, указати на недоліки, що підлягають покращенню;
- недбалість та нерозбірливий почерк не скорочує об'єм роботи та витрат часу і може стати дуже неприємною звичкою на все життя;
- по можливості скоріше, не відкладаючи на потім, постарайтесь одержати залік за виконану роботу, поправки, що вимагає викладач, зробіть негайно, бо пізніше це займе більше часу та зусиль.

3.4. Підготовка до семінарського заняття

Ефективність семінарського заняття залежить від того, настільки студент підготовлений до нього під час самостійної роботи.

Ціль будь-якого семінарського заняття – уточнювати та закріплювати свої знання, формувати світогляд, аргументовано висловлювати свої погляди.

Успішна підготовка до семінарського заняття можлива при використанні студентом таких рекомендацій:

1. Перш за все, це серйозна робота під час лекції. Активне сприйняття відповідного лекційного матеріалу – найважливіша передумова, що забезпечує успішну підготовку до семінару при найменших затратах часу та зусиль, бо в лекції розкривається суть та значення даної теми, зазначаються її вузлові, найбільш важливі проблеми та питання, аналізується відповідна література.

2. Повторення та засвоєння лекційного матеріалу вдома.

3. Ознайомлення з навчальним посібником (особливо у випадках відсутності лекційного матеріалу за даною темою).

4. Уважний перегляд плану семінарського заняття з урахуванням письмових та усних рекомендацій і установок викладача.

5. Вивчення основної літератури:

– прочитати відповідне першоджерело (роботу, розділ чи зазначені сторінки), щоб зрозуміти його загальний сенс та зміст;

– конспект повинен бути оформлений так, щоб він добре сприймався. Необхідно вказати прізвище автора, назву посібника, дату створення. Чітко виділити основні положення, поняття, висновки автора.

Складаючи конспект, залишати досить широкі поля для доповнень із інших джерел, примітки про особисті роздуми, питання. На полях необхідно

дати також доповнення до конспекту, які виникають у ході семінарського заняття.

6. Використання допоміжної літератури з метою конкретизації проблеми у зв'язку із сучасністю. Із допоміжної літератури добирається фактичний матеріал, дані сучасної науки.

Студент може вважати себе підготовленим до семінарського заняття якщо він вивчив всі запитання, зазначені у плані семінару, засвоїв відповідні першоджерела, обов'язкову літературу та здатен зробити виступ.

Ця мета досягається всім ходом семінарського заняття та виступом студента на ньому, який повинен вміщувати таке:

- теорію запитання, що розглядається, аналіз відповідних принципів, законів та категорій;
- висунуті теоретичні положення повинні бути підкріплені фактами, прикладами та ілюстраціями із життя, і досягненнями за профілем фаху студента;
- виступ повинен вміщувати критику помилкових, на думку студента, положень деяких філософських течій;
- у ньому необхідно показати методологічне значення відповідних положень матеріалістичної філософії для життя, теоретичної та практичної діяльності народу.

3.5. Рекомендації щодо виконання розрахунково-графічних робіт

Розрахунково-графічні роботи являють собою один із найбільш важливих і нерідко трудомістких видів поза аудиторної самостійної роботи студентів.

Коли приступати до роботи і як її виконувати? Відповідь на ці запитання дають такі рекомендації.

Коли приступати до роботи? Не відкладайте виконання роботи на «потім», приступати до виконання її треба зразу ж, як тільки вона видана, тому що:

- строки та час виконання роботи установлені методичною комісією та кафедрою, отже, у ці дні не буде «накладки» – тобто, щоб не треба було одночасно робити дві чи три роботи (що обов'язково буде, коли ви змістите термін виконання роботи);
- за темою роботи тільки що прочитана лекція, розібрана та розв'язана задача на практичному занятті і тому розібратися у завданні вам буде не важко – все ще свіже у пам'яті.

Як виконувати роботу? Не намагайтеся знайти подібну уже розв'язану задачу у своїх товаришів чи сусідів з гуртожитку – пам'ятайте, що користуючись чужим рішенням, ви запозичуєте не тільки чужий алгоритм розв'язання, але, і помилки і, головне, лишаєте себе можливості набути навички розв'язання таких задач. До того ж, як стверджують психологи, шлях рішення, який ви знайшли самі, запам'ятовується значно краще, ніж шлях за яким

вас провели із «зав'язаними» очами. Сміливо беріться за самостійне рішення і виконуйте роботу, для чого:

- вивчіть весь матеріал, що стосується даної теми за своїм конспектом (головні положення), підручником (докладні пояснення) та методичною вказівкою (конкретні поради);

- розберіться, у чому полягає мета роботи, у чому повинен полягати результат роботи – коли зрозуміла мета, до неї легше йти;

- намітьте план розв'язання задачі, пам'ятайте, що до мети можуть вести різні шляхи, довгі та короткі – виберіть найбільш короткий (чим коротше шлях, тим менше ви будете помилятися на цьому шляху);

- подумайте, які схеми, рисунки, таблиці знадобляться вам, щоб розв'язати задачу і які ще треба зробити, щоб викладачу було легко перевірити ваше рішення;

- оформляйте роботу дуже акуратно, бо час, затрачений на ретельне виконання рисунків та записів, не пропаде марно. На якісному рисунку ви швидко зможете помітити помилки та неточності і своєчасно їх усунути.

3.6. Самостійна робота при вивченні іноземних мов

Знання іноземних мов – це рівень інтелекту людини. Це – розширення його кругозору, це можливість спілкування з людьми інших держав, це можливість ознайомитися із культурою інших народів.

Вивчення іноземної мови вимагає великих зусиль та великої кількості часу. Якщо не буде систематичної та добре організованої самостійної роботи над нею, то не допоможуть ніякі методи викладання. Єдиний найкоротший шлях до оволодіння мовами – це наполеглива та свідомо самостійна робота. Тому вважаємо необхідним дати студентам деякі уявлення про прийоми вивчення іноземної мови. Студент, який свідомо користується прийомами, що признані педагогічними правилами, заощаджує час і скоріше досягає бажаного результату.

Вимоги програми. З самого початку навчання необхідно знати, чого ви повинні досягти на кінець курсу. Програма вимагає вміння розуміти просту усну розмову іноземною мовою, вміння виражати свої думки на пройдені теми; вміння вільно читати та перекладати нескладний текст без словника і читати та перекладати складні (оригінальні) технічні тексти зі словником.

Читання. Багато хто із студентів думає, що зробити переклад при наявності словника не така уже і важка справа. Але лише деякі, що володіють мовою, можуть перекладати із словником. Ціль (основні вимоги програми) легше всього досягається при систематичному читанні з текстів. Читати треба кожного дня. Кожна прочитана сторінка – це крок вперед; кожна стаття, прочитана свідомо, робить іноземну мову більш простою та зрозумілою. Читайте більше легких текстів, перш ніж перейти до читання важких текстів. Легкий матеріал легше запам'ятовується і закріплює віру в свої сили, тоді як важкий матеріал на початку навчання може взагалі відбити охоту до занять іноземною мовою. Матеріал для читання має бути розміщений у порядку повільного

нарощування труднощів; лінія, яка б графічно зображала накопичення труднощів, повинна бути дуже довгою та пологою. Успіх буде залежати від того, скільки ви будете читати у вільний час. Систематичне читання виробляє почуття мови, що не є таємничим мовним «видінням», а є результатом постійного наполегливого користування мовою.

Запас слів. Для оволодіння іноземною мовою абсолютно необхідно мати гарний запас слів.

1. Починайте записувати слова, які хочете запам'ятати в окремий зошит або на спеціальні картки з того дня, коли розпочнете читати.

2. Запам'ятовуйте артикль разом з іменником.

3. Нові слова краще всього засвоювати, коли вони даються у реченні в оточенні інших слів. Намагайтеся записувати слова та речення, в яких вони використовуються. Студентам, що не мають достатньо гарної пам'яті на слова, можна рекомендувати такі прийоми: запам'ятовуйте слово у зв'язку з іншими словами; знайдіть його антоніми, синоніми, записуйте слова до свого списку під різними рубриками, наприклад:

- слова одного походження;
- слова, що стосуються однієї теми.

Всяка логічна систематизація сприяє запам'ятовуванню, при необхідності можна користуватися мнемонічними прийомами: зв'язати слово з предметом, дією, якістю, яким воно відповідає. Асоціативні зв'язки – сильний засіб запам'ятовування. Більшість людей краще запам'ятовує поняття на основі зорового сприйняття.

Спирайтесь на той вид пам'яті, який більше всього допомагає запам'ятовуванню. Вимовляйте слова частіше у голос, коли у вас хороша слухова пам'ять. Пишіть, коли вам легше запам'ятовується слово, спираючись на рух руки. Застосовуйте способи вивчення, які більше всього відповідають вашим здібностям. Обов'язково повторюйте слова через певні проміжки часу доти поки вони міцно не засвоєні.

Граматика. При вивченні іноземної мови важливо твердо засвоїти правила граматики, для чого:

- оволодійте, перш за все, дієслівними формами та структурами речення;
- граматичні явища запам'ятовуйте заучуванням речень та словосполучень, в яких вони використовуються, тобто заучуйте приклади (речення-модель).

У прикладі завжди вміщується правило:

- використовуйте типові речення як моделі для побудови однотипних речень.
- читання допомагає закріпити граматику та оволодіти нею.

Усна мова. Значення усної мови навряд можна переоцінити при оволодінні іноземною мовою. Слова та речення, які ми вимовляємо самі, запам'ятовуються краще, ніж ті, які ми чуємо, тому:

- тренуйте слух, користуйтеся кожною можливістю слухати свою мову;

- робіть усні безперекладні вправи;
- робіть вправи разом з товаришами;
- читайте уголос, відвідуйте всі заходи іноземною мовою, що проводяться на кафедрі;
- розмовляйте іноземною мовою, не бійтесь помилок – помилки неминучі;
- запам'ятовуйте виправлення викладача.

Вивчення іноземної мови – трудомісткий та складний процес. Далеко не кожен дійсно володіє рідною мовою, але «той, хто не знає іноземної мови, той не знає і рідної» (Гете).

3.7. Самостійна робота при вивченні інженерно-графічних дисциплін

У ВНЗ студентами вивчається нарисна геометрія та креслення. Нарисна геометрія розглядає методи відображення просторових об'єктів у площині та методи розв'язання геометричних задач у просторі з допомогою цих зображень. Це сприяє виробленню просторового мислення, необхідного кожному інженеру.

Нарисна геометрія вивчається студентами протягом дуже короткого проміжку часу – тільки у першому семестрі і для кращого її засвоєння необхідно придержуватися такого:

- треба систематично працювати, бо кожна така тема ґрунтується на попередній;
- креслення слід зв'язувати з простором, тобто слід уявляти перед собою у кресленні відображуваний просторовий об'єкт;
- слід мати хороший лекційний конспект.

Лекції рекомендується конспектувати на папері у клітинку (великого формату), рисунки виконувати за допомогою циркуля та лінійки (не креслити від руки). Рисунки потрібно виготовляти у міру можливості великого масштабу, для збільшення наочності можна застосовувати кольорові олівці. Більш важливі місця у тексті необхідно підкреслити. Хороший конспект лекцій полегшує засвоєння матеріалу.

Якщо ви вивчаєте комп'ютерну графіку, то вам, у першу чергу, треба добре оволодіти роботою на комп'ютері.

За конспектом лекцій застосовують також підручник. Необхідно підготуватися до практичних робіт, які закріплюють та поглиблюють знання, самостійно розв'язуючи задачі у зошиті для вправ.

При розв'язанні задач необхідно придержуватися такої послідовності:

- задані об'єкти та їх взаємне положення необхідно уявляти в просторі;
- використовуючи закони нарисної геометрії, відобразити просторове рішення на площині і виготовити рисунок.

На практичних заняттях необхідно працювати інтенсивно і у разі можливості більше використовувати допомогу викладача для з'ясування незрозумілих запитань.

Для забезпечення систематичної роботи та перевірки знань передбачені контрольні роботи. Нез'ясовані запитання необхідно з'ясувати також під час консультацій керівника, практичних робіт, чи лектора поза обов'язкових завдань.

На основі здобутих на лекційних та практичних завданнях знань виконуються домашні завдання – індивідуальні комплексні задачі. Кожну домашню роботу необхідно показати викладачу два рази. Перший раз – виконану в тонких лініях, і другий раз – після остаточного виконання при здачі. При здачі робіт студент повинен пояснити та обґрунтувати виконані у роботі конструкції, необхідно показати знання окремих розділів теоретичного курсу. Якщо пояснення студента незадовільні, то робота здається повторно. Домашні роботи (вкладені у папку) та зошит з вправами подаються на екзамені.

Завданням другої частини (креслення) є вивчення технічних рисунків апаратів, приладів, машин, їх окремих вузлів з використанням одержаних знань нарисної геометрії та із застосуванням умовних зображень згідно з єдиною системою конструкторської документації (ЄСКД) Перед кожним завданням викладач пояснює відповідну тему і визначає термін здавання. Кожен студент одержує індивідуальну задачу. В аудиторії під керівництвом викладача студент виконує від 60 % до 70 % обсягу індивідуального завдання.

Виконання рисунків необхідно розпочинати з вибору формату. Для цього необхідно знати у скількох видах необхідно відображати об'єкт, як його розмістити на аркуші і який буде основний надпис.

Рисунок спочатку виконується тонкими лініями за допомогою твердого олівця і для остаточного оформлення використовується олівець меншої твердості. Кожен рисунок необхідно показати викладачу два рази: перший раз, коли він виконаний у тонких лініях і коли ще легко виправити допущені помилки, і другий раз – після заключного оформлення. Правила та техніку виконання рисунків на комп'ютері студент засвоює, у першу чергу, на практичних заняттях за допомогою викладача.

Здані роботи зберігаються у студента до заліку. Під час заліку студент здає тему з рисунками і допускається до захисту тільки після здачі всіх робіт та виконання вимог з нарисної геометрії.

3.8. Рекомендації щодо виконання навчально-дослідницької роботи студентів

Для творчої роботи інженеру необхідно розуміти вимоги сучасного виробництва, науки, техніки, знати тенденції та перспективи їх розвитку.

Брати участь у дослідницькій роботі – це один із шляхів розв'язання даної задачі для студентів.

Навчально-дослідницька робота студентів (НДРС) являє собою включення до навчального процесу елементів самостійного дослідження. Безумовно, не всі випускники ВНЗ стануть ученими, але певний обсяг навичок дослідницької роботи не тільки корисний, але і необхідний кожному студенту.

Одержаний досвід для його майбутньої роботи при виконанні НДРС дуже знадобиться для проведення експериментів у ВНЗ, курсового та дипломного проектування. Нерідко навчально-дослідницька робота студента виливається у курсовий чи навіть у дипломний проект.

Всю дослідницьку роботу можна поділити на такі етапи:

- ознайомлення з проблемою (інформаційний пошук);
- виконання роботи;
- узагальнення результатів та висновки.

На першому етапі студент вивчає спочатку загальні запитання, проводить огляд навчальної та науково-технічної літератури, знайомитися з досягненнями у цій області і складає план виконання роботи, який обговорює із керівником роботи. Під час вивчення літератури слід звертати увагу на схеми та рисунки, давати свою оцінку прочитаному та шукати найбільш короткий шлях до вирішення поставленої проблеми.

Під час огляду літератури корисно завести зошит, в якому зручно групувати відомості з окремих запитань, що допоможе скоріше знайти оптимальне рішення. На цьому етапі неминучі помилки, тому свої погляди слід обговорити з керівником НДРС.

На другому етапі – студент фактично виконує роботу. Під час експерименту при складанні та налагодженні схеми і апаратури студент повинен прагнути дати пояснення всім проміжним результатам, самостійно знаходити та усувати помилки, робити висновки. На другому етапі слід ретельно вести журнал спостережень, записувати всі зміни в процесі експерименту.

На останньому, **третьому, етапі** студент узагальнює одержані результати, доводить, що його рішення найбільш оптимальне або, у випадку негативного результату, науково його обґрунтовує.

Найкращі НДРС за рішенням кафедри висувуються на конкурси студентських робіт, оформлюються заявки на винахід, друкуються статті студентів і це з самого початку настроює викладача та студента на реальний підхід до діла, обґрунтований вибір теми та обсягу дослідження, визначення терміну його завершення.

3.9. Самостійна робота у процесі курсового проектування

Загальні вказівки організації та методики проведення курсового проектування і практик викладено у методичних вказівках, складених кафедрами ВНЗ.

Приступаючи до проектування, ці вказівки слід вивчити, незрозумілі місця уточнити на консультаціях у викладача. Зміст самостійної роботи студентів залежно від профілю також відображено у методичних вказівках кафедр. Ці документи повинен вивчити кожен студент перед плануванням своєї роботи.

Одним із найважливіших запитань під час курсового проектування є суворе дотримання термінів виконання окремих розділів проекту, а також систематична робота з моменту видачі завдання.

Як правило, курсове проектування починається згідно з графіком самостійної роботи студентів, розробленому відповідною кафедрою, на початку семестру. Таким чином, для використання проекту передбачено достатньо часу для самостійної роботи і досвід показує, що систематично навчаючись студенти легко впораються з цією роботою.

Значна частина часу виконання курсових проектів чи робіт витрачається на обчислення. Треба уникати надмірних арифметичних обчислень з великою точністю, бо це завдає збитків засвоєнню фізичної та економічної суті задач, що вивчаються. Студентам рекомендується вивести формули у загальному вигляді, а числові розрахунки виконати за допомогою електронно-обчислювальних машин, заздалегідь запланувавши для цього машинний час (згідно з установленим порядком на кафедрах та факультетах). Таким чином, з'являється можливість розширити коло задач (наприклад, діапазон частот, температури тощо). Це, безумовно, буде сприяти розвитку інтересу до предмета, який вивчається, та поглибленню знань.

3.10. Підготовка до контрольних робіт

З метою виявлення ступеня засвоєння навчального матеріалу та надання своєчасної допомоги студенту протягом семестру з кожного предмета передбачено проведення декількох контрольних (рейтингових) робіт. Як правило, контрольні роботи охоплюють певні розділи (або кілька розділів) навчальної дисципліни і залежно від навчального плану проводяться 2–4 рази у семестр. Такі контрольні роботи можуть включати як теоретичну частину, так і окремі задачі, що показують ступінь засвоєння теоретичного матеріалу та вміння його застосувати на практиці. Задачі та приклади для контролю підбираються середньої трудності. Такі контрольні роботи розраховані, як правило, у середньому на одне заняття. У процесі підготовки до контрольної роботи студент повинен повторити пройдений матеріал, узагальнити та переосмислити його. Незадовільна оцінка за контрольну роботу говорить про те, що студент не засвоїв даний розділ дисципліни, а тому виправлення (переписання) контрольної роботи з попереднім вивченням незасвоєного матеріалу абсолютно необхідно.

З метою ліквідації поточних заборгованостей студента викладачами організовуються консультації та встановлюються допоміжні строки для виправлення контрольних робіт. Усі планові контрольні роботи до початку екзамєну – офіційної сесії повинні бути написані та зараховані.

Поряд з основними контрольними роботами іноді проводяться «контрольні літучки», протягом 10–15 хв., метою яких є перевірка систематичності вивчення навчального матеріалу та свідомого ставлення студентів до навчання.

Підготовка до контрольних робіт – важливіший вид самостійної роботи студентів.

Контрольні роботи допомагають студенту систематизувати навчальний матеріал, конкретизувати недоліки у засвоєнні окремих тем, а викладачу піз-

нати дійсне положення у групі та своєчасно надати допомогу студентам, які не встигають.

3.11. Техніка самостійної роботи студента

Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до практичних та лабораторних занять, курсове проектування, виконання розрахунково-графічних робіт, підготовка до заліків та іспитів вимагає від студентів значного обсягу самостійної роботи.

Основою самостійної роботи студента є його робота з книгою. Книги включають у себе підручники та навчальні посібники, опубліковані конспекти лекцій, довідники, альбоми та атласи, методичні вказівки, газетні та журнальні статті. Всі ці літературні джерела можна знайти у бібліотеці ВНЗ. Для зручності користування бібліотечними фондами існують спеціальні каталоги: алфавітні та систематичні.

Алфавітний каталог вміщує картки з описом книг, розміщених в алфавітному порядку прізвищ авторів та заголовків цих книг. Якщо книга має не більш трьох авторів, то її описання слід шукати у каталозі за прізвищами авторів; якщо кількість авторів – більше трьох, то картки ставляться до каталогу в алфавітному порядку заголовка.

В алфавітному каталозі описання книг розміщується незалежно від їх змісту. На картці крім описання стоїть шифр книги, який указує на її місцезнаходження на полицях книгосховища.

Алфавітним каталогом зручно користуватися у тому випадку, коли студенту відома назва книги.

Коли ж автор і назва книги невідомі, то слід звертатися до систематичного каталогу. У ньому описання творів групується відповідно до їх змісту (за галузями знань) і розміщені у певній логічній послідовності. Картки на книги, що стосуються однієї галузі знань, об'єднуються до відділу даної галузі знань (наприклад, «Технічні науки», «Педагогіка» тощо).

Іноді, коли галузь знань дуже велика, вона поділяється на окремі розділи. Наприклад, «Гірнича справа» включає у себе такі розділи, як «Розкриття шахтних полів», «Транспорт шахтний», «Вентиляція» тощо.

У тому випадку, коли у студента виникають утруднення при користуванні каталогами, йому завжди придуть на допомогу досвідчені бібліографи, які нададуть будь-яку кваліфіковану консультацію і нададуть практичну допомогу у знаходженні потрібного літературного джерела.

У сучасних бібліотеках є спеціальні комп'ютери з пошуковими системами, які швидко і зручно знайдуть вам необхідну книжку або ж інше літературне джерело. Користування такими системами зовсім не складне. У разі необхідності або ж виникненні будь-яких складнощів робітники бібліотеки нададуть вам необхідну допомогу.

Надзвичайно важливим є **дотримання професійного обов'язку**. Найякравішим прикладом цього є клятва Гіппократа, яку складають випускники медичних навчальних закладів.

Як ми уже відзначили, наша епоха характеризується підвищенням ролі інженера у суспільстві. Інженер впливає на інших і як фахівець, і як організатор.

Інженерна етика орієнтує технічну інтелігенцію на високогуманні цілі науково-технічного прогресу. Інженер несе велику відповідальність за охорону природи, яка є і суспільно-науковою, і технічною, і моральною проблемою. У більшості випадків інженеру доводиться виконувати на виробництві керівні функції. Це ставить підвищенні вимоги до його загальної культури та особливо до моральної культури.

Головна моральна вимога до спеціаліста, як і до будь-якої людини – це дотримання моральних принципів. Чим на вищій службовій сходинці є людина, тим суворіша до нього суспільна думка, потребуюча **повної єдності слова та справи**.

Майбутній інженер повинен розвивати у собі вимогливість та старанність, якості керівника та акуратного виконавця. Хороші організаційні здібності повинні поєднуватися із працьовитістю, почуттям товариства та тактовності.

Дуже важливою є вимога – вміти розмовляти з колегами, з вищими та підлеглими. Культурна людина повинна вміти сказати навіть дуже неприємні речі у тактичній формі, не принижуючи гідності іншої людини. Необхідно мати вміння у кожному бачити хороше та змушувати це хороше проявляти у навчанні та роботі.

Інженер, як будь-яка інша людина, в тому числі і студент, повинен уміти від колективу вислухувати критику без особливої образи. Критика в свою чергу має бути діловою, доброзичливою. Треба боротися не з людиною, а із її помилками, з її поганими рисами, за все хороше, що є в ній.

Майбутній інженер повинен додержуватись всіх вимог культури поведінки та етикету.

Чемність – форма взаємовідносин як з близькими, так і з незнайомими людьми. Суть чемності – доброзичливість. Ми говоримо під час зустрічі: «Доброго ранку!», «Доброго вечора» чи «Будьте здорові», «Будьте люб'язні!». Добре і приємно, коли ці слова не тільки формальні фрази, коли ми випромінюємо люб'язність, доброзичливість. Це важливо не тільки у своєму колективі, серед друзів та рідних. Це важливо і в магазині, і в аптеці, і на вулиці, бо часто нас просять пояснити, показати дорогу і т.п. А як ми реагуємо? Треба зізнатися, що не завжди люб'язно. Можна також говорити про так звану «ввічливість знехотя». Це тоді, коли за зовнішньою ввічливістю скривається зневага, відсутність поваги до людини. Зневага сьогодні серед студентів – це небажання встати, коли в аудиторію заходить викладач, одяг звалений у кучу на столах аудиторій. Деякі студенти ведуть себе некультурно в їдальні, залишаючи за собою дуже брудні столи і навіть «забувають» зібрати посуд. Вони не поважають ні своїх товаришів, ні роботу працівників їдальні. Не завжди студенти вміють ввічливо поздоровкатись. Якщо цьому не навчитися зараз, то пізніше буде важче пройти повз знайомої людини з байдужим

виразом обличчя – це може надалі створити репутацію неввічливої людини. Наш етикет вимагає, щоб чоловік завжди першим вітався з жінкою, молодші із старшими. Лише руку подають у зворотному напрямку – старший подає молодшому, жінка – чоловікові.

Ввічливість вимагає, щоб чоловік завжди поступився дорогою жінці, пропускав її поперед себе у кімнату або кабінет.

Особливо часто неввічливість проявляється у невмінні вести бесіду. Уже із студентської лави треба привчати себе вислуховувати іншу людину, не перебиваючи її.

Особливо студентів стосується елементарна вимога додержування дисципліни під час аудиторних занять. Якщо хтось подумав, що йому необов'язково стежити за лекцією, то він не має ніякого права своїми репліками чи розмовами заважати працювати іншим – як своїм товаришам, так і викладачу.

Зовсім недопустимий грубий тон розмови. Грубість не можна видавати за прямоту, за одвертість. Ще Шекспір писав: «Марно думати, немовби різкий тон є ознака прямодушності...» Правильно також говорить старовинний вислів: «Говори м'якше за формою, твердіше за змістом». Чемність – рідна сестра коректності, яка полягає в умінні держати себе у межах загальноприйнятих пристайностей у будь-яких ситуаціях. Проявити коректність – означає зберегти гідність, не опуститися до рівня того розбещеного обивателя, про якого кажуть, що він груба та невихована людина.

Вимоги **коректності** у взаємовідносинах відповідають інтересам усіх. Коли додержуватися цих вимог у дискусії, можна скоріше знайти істину (не переходячи на особистості), зняти напруженість у службових та особистих відносинах. Майбутній інженер повинен знати, що йому часто доведеться сперечатися, доводити, боротись за впровадження новацій на виробництві, переконувати тих, хто з тих чи інших причин буде стояти на інших позиціях. У таких суперечках головним є наукове обґрунтування та вміння логічно і послідовно висловлювати свої аргументи.

Треба пам'ятати, що на будь-яку людину (навіть саму завзяту у суперечці) велике враження справляє культура опонента в цілому та культура поведінки зокрема. У суперечках нічого, окрім шкоди, не дає звичка деяких самовпевнених невихованих людей робити «узагальнення» та «висновки» про окремих осіб, наприклад: «Він нічого не розуміє», «Йому не місце у нас» тощо. Коли мова йде про конкретне запитання, то треба вибирати по суті саме це запитання, звичайно, у його зв'язках та взаємовідносинах із суміжними проблемами. Але ні в якому разі не можна, наприклад, вирішуючи виробниче питання, переходити на обговорення особистого життя свого опонента.

Моральне виховання людини вимагає особливого підходу, це дуже складна, багатогранна робота. Будь-які зауваження, зроблені недоречно та виражені у нетактовній формі, ведуть тільки до загострення відносин між товаришами і заважають вирішенню основних суперечливих питань.

Тактовність – це почуття міри, якого необхідно дотримуватися і в розмовах (особистих та службових), і у поведінці. Тактовність вимагає всебічного обліку всіх обставин при спілкуванні із людиною. Треба враховувати і її душевний стан, зрозуміти її переживання. Люди дуже різні. Для одного досить дійовими є зауваження, висловлені спокійним товариським тоном, а інший стане переосмислювати свою поведінку чи проступки тільки після гострої критики перед колективом чи офіційної догани. Ображати людину, принижувати її гідність не можна ніколи. Навіть найсуворіша критика повинна містити у собі повагу до людини і віру у все краще, що можна знайти у ній. Треба намагатися не нагадувати людині про щось неприємне, образливе, не викликати у неї почуття незграбності. Почуття такту іноді втрачають люди, які буцімто намагаються дати «добрі поради», а фактично втручаються в особисте життя людини. Вихована, дійсно культурна людина зрозуміє, де бажання бути близькою до свого товариша, знати про нього більше, зрозуміти його, переступити свої межі і перетвориться у просту допитливість. Вона зрозуміє і те, де зовнішньо коректне «невтручання» перетворюються в **обивательську** байдужість до іншої людини, у небажання витратити свої сили, псувати відношення, хвилюватися тощо.

Будь-яку людину прикрашає **скромність**. Скромність – уміння вважати себе таким, як всі, не кокетувати, вміння зіставити свою поведінку з думкою інших людей, бути самим собою, не грати роль, не властиву тобі. Це природність поведінки, відсутність позування, театральності. Справжня скромність проявляється у всіх формах життя. Вона завжди природна і витікає із суті самої особи. Дуже неприємно, коли людина свідомо приймає скромну позу, робить вигляд, що сама заперечує свою достойність, свої здібності, але при цьому горить одним бажанням – скоріше почути від товаришів енергійний протест та похвальні дифірамби на свою честь. Істинно скромна людина завжди самокритична, вона не напрошується на компліменти, не запобігає перед товаришами. Поряд зі скромністю знаходиться **простота**, яка не має нічого спільного з розв'язністю та фамільярністю, які видаються за простоту. Простота, перш за все, проявляється в умінні спілкуватись з людиною, як з рівною, не опускаючись до фамільярності чи поблажливості.

Нарешті, однією із найважливіших вимог культури взаємовідносин є **точність**. Точність проявляється в умінні цінувати своє слово, не кидати його на вітер. Виконати дане слово, обіцянку – запорука своєї чесності та поваги до іншого.

Точність проявляється в умінні цінувати свій та чужий час: не спізнюватись, не змушувати когось марно чекати себе. Точне вираження думок при розмові, відсутність двозначних фраз – теж вимога культури взаємовідносин. Тому культура поведінки включає в себе і культуру мови.

Культурна мова – це, перш за все, чиста мова, де немає слів-паразитів, канцеляризмів, недоречних слів та виразів, вульгаризмів, штампів, непотрібних іноземних слів, тавтологій та багатослів'я.

Культурна мова – це грамотна мова. Це – збереження правильних, відмінних та дієслівних закінчень, форм, наголосу, вимови. Мова культурної людини має багатий запас слів, благозвучність, строго відповідну певним умовам голосність.

Культура людини має багато різноманітних проявів, які взаємозв'язані та доповнюють один одного.

Запитання для самоперевірки

1. Перелікуйте основні види занять у вищих навчальних закладах та назвіть основне призначення кожного з них.
2. Як треба працювати на лекції?
3. Як треба готуватися до практичних занять?
4. Як треба готуватися до лабораторних занять?
5. Як треба готуватися до семінарських занять?
6. Що таке самостійна робота студента та які її основні форми?
7. Яку ціль мають контрольні роботи і як треба до них готуватися?

4. НАУКОВА ОРГАНІЗАЦІЯ РОЗУМОВОЇ ПРАЦІ СТУДЕНТІВ

4.1. Особливості розумової праці студентів

На сучасному етапі розвитку суспільства в умовах швидкого науково-технічного прогресу безперервно зростає потік інформації. Засвоєння цієї інформації та плідний розвиток нових ідей вимагає значної інтенсифікації розумової діяльності людини.

Для того щоб успішно справлятися з поставленими задачами плідно та раціонально працювати в області освоєння нових знань, сучасний студент повинен бути ознайомлений з особливостями розумової діяльності, з питаннями раціональної організації своєї праці та відпочинку.

При класифікації видів трудової діяльності людини всі види робіт можна розділити на фізичні та розумові.

Цей розподіл має вельми відносний характер. Більш того, у зв'язку з сучасною науково-технічною революцією стираються не тільки соціальні грані між фізичною та розумовою працею, але і фізіологічна відмінність. Необхідно мати на увазі і певну відмінність та характерні особливості фізичної та розумової роботи у плані енергетичному, функціональному та інформаційному.

На відміну від фізичної роботи розумова діяльність людини характеризується винятковою різноманітністю. Багаторазовими дослідженнями встановлено, що розумова діяльність супроводжується змінами функціонального стану різноманітних систем організму, але в основному проявляється у певних нейродинамічних станах головного мозку. Цим станам відповідає ступінь посилення кровопостачання мозку та підвищення енергетичного обміну нервових клітин у вигляді показників біоелектричної активності мозку тощо.

Крім того, слід підкреслити, що будь-яка розумова діяльність супроводжується певним нервово-психічним напруженням, що проявляється у вигляді інтенсифікації діяльності серцево-судинної системи (посилення пульсу, підвищення артеріального тиску тощо), дихальної системи (посилення та поглиблення дихальних екскурсій), підвищення температури тіла, біохімічного складу крові та інших порушень. Під час тривалої та напруженої розумової роботи часто настає втомленість.

У тому випадку, коли відпочинку після розумового напруження недостатньо для повного відновлення працездатності людини та функціонального стану її організму, виникає перевтома. Основною причиною перевтоми є порушення режиму праці та відпочинку, тобто напружена розумова діяльність при недостатньому чи неповному відпочинку. При виражених та особливо важких ступенях перевтоми спостерігається почуття втомленості, що помічається вже на початку роботи, відсутність інтересу до роботи та навколишнього оточення, апатія, підвищена роздратованість та неадекватна реакція на жарти та репліки товаришів, зниження апетиту, запаморочення та головна біль. При перевтомленні спостерігаються такі об'єктивні ознаки, як зниження ваги тіла, диспентичні розлади, підвищення сухожильних рефлексів, мобільність

частоти серцевих скорочень та кров'яного тиску, пітливість, порушення інших функцій, пониження опору організму інфекціям, хворобам тощо.

Слід відзначити, що при вираженій та важких ступенях перевтомлення необхідно проведення лікувальних засобів.

4.2. Умови високої розумової працездатності

Чи можлива тривала розумова робота без зниження ефективності і надійності, тобто без стомлення. Знаменитий фізіолог Н.Є. Введенський на це питання дає стверджувальну відповідь. Він писав, що при вмілому розподілі розумової праці можна не тільки розвинути величезну за своєю продуктивністю роботу, але при цьому зберегти на довгі роки тонус своєї життєдіяльності. Утомлюються та знемагають не тільки від того, що багато працюють, а від того, що погано працюють. У зв'язку з цим доцільно зупинитися на тих загальних умовах, сформульованих Н.Є. Введенським, які забезпечують високу продуктивність розумової праці. Це такі умови :

1. До будь-якої роботи треба **підходити поступово**. Це забезпечує послідовне і поступове включення та тренування тих адаптивних механізмів, які надалі забезпечують високий рівень працездатності. При цьому підвищується і максимальний рівень компенсуючих можливостей людини, які можуть реалізовуватись у відповідних ситуаціях для забезпечення виконання людиною здавалось би нездійсненої роботи.

2. **Розмірність та ритм роботи**, тобто вибір та дотримання оптимального ритму та режиму роботи. Наприклад, людина, яка йде дуже швидко, стомлюється, але і дуже повільне пересування порівняно швидко викликає втому. Іншими словами, для збереження нормальної та тривалої працездатності для кожної людини необхідний певний ритм діяльності. Установлення оптимального ритму роботи є одним із найважливіших завдань нормування темпу роботи. Слід підкреслити, що при будь-якому темпі роботи необхідно суворо дотримуватися ритмічності життєвих відправлень і приймання їжі, сну, всього режиму в цілому. Підтримування стереотипу життя та діяльності приводить до економічного витрачання енергетичного потенціалу нервової системи, розвантажує мозок від надмірної інформації та знижує нервово-психічну напруженість у людини.

3. Звична **послідовність та систематичність** роботи. Під послідовністю та систематичністю слід вважати, перш за все, плановість діяльності, тобто порядок її за часом, правильні чергування праці та відпочинку, а також зміна одних форм праці іншими. Зміна занять, переключання від одного виду розумової праці на інший, чергування розумової діяльності з незначним фізичним навантаженням, сприяє працездатності, усуває почуття втомленості.

4. **Систематичні вправи**. Систематичні вправи та тренування сприяють удосконаленню та автоматизації навичок розумової роботи.

Велике значення для збереження високої розумової працездатності має емоційний стан людини. Численні експерименти показали, що під впливом

позитивних емоцій працездатність у студентів помітно підвищувалась, а втома виникала і наростала значно повільніше.

Особливо виражений вплив справляють емоції на продуктивну працю під час іспитів. Вивчаючи зміни розумової працездатності студентів під час екзаменів, дослідники відзначали її зменшення (внаслідок негативних емоцій), у той час, як після здачі екзаменів як якісні, так і кількісні показники працездатності підвищувалися (у результаті позитивних емоцій).

4.3. Роль фізичних вправ у режимі студентів

Численні спостереження свідчать про те, що введення фізіологічне обґрунтованої та суворо регламентованої системи фізичних вправ до робочого розпорядку та відпочинку студентів сприяє покращенню їх самопочуття та підвищенню їх працездатності. Був проведений аналіз успішності студентів протягом трьох екзаменаційних сесій і виявилось, що більш високу успішність показали студенти, що регулярно займаються спортом, у порівнянні з тими, які ним не займаються. За думкою дослідників, студенти-спортсмени підходять до екзаменаційної сесії з великими функціональними можливостями, добре переносять нервово-психічне навантаження під час екзаменів.

У режимі праці та відпочинку студенту слід використовувати різноманітні фізичні вправи. Дозування навантажень, а також їх інтенсивність повинні суворо відповідати фізіологічним можливостям студентів, рівню їх фізичного розвитку, стану здоров'я, віку та статі. Надмірні навантаження, надто велика кількість повторення вправ, швидкий темп їх виконання, висока інтенсивність – все це може привести до негативного ефекту, викликати зниження працездатності.

На початку навчального дня слід проводити ранкову гігієнічну гімнастику, яка сприяє переходу організму із стану з переважно гальмувальними процесами до стану, що характеризується сприятливим співвідношенням процесів збудження та гальмування, які необхідні для плідної діяльності протягом дня.

Систематичні заняття ранковою гімнастикою передбачають гармонічне, фізичне удосконалення студента, підвищення розвитку мозкової системи, збільшення об'єму грудної клітини, глибини дихання і т. ін. Вона створює і визначає емоційний фон, піднімає настрій на початку трудового дня та сприяє надалі продуктивності навчальної роботи студента. Ранкова гімнастика не може бути універсальною для всіх, бо за своїм фізичним розвитком та станом здоров'я контингент студентів неоднорідний. Тому при заняттях спортом необхідно консультуватися з лікарями інституту, фахівцями даного профілю.

Середня довго тривалість ранкової гімнастики 15 – 20 хв. Її можна проводити у будь-якому темпі, тобто кількість виконуваних вправ за цей час може бути різною залежно від можливостей та здібностей тих, хто займається.

Важливо, щоб умови, в яких проводиться зарядка, відповідали гігієнічним вимогам (зручне, добре провітрене приміщення тощо). Ранкова гімнастика повинна супроводжуватися водними процедурами, холодним витиранням,

що є сприятливими, ефективними подразниками. Крім того, студент повинен займатися фізичною підготовкою та тренувальними заняттями (спортивні тренування). Така фізична підготовка укріплює мускулатуру, покращує обмін речовин, удосконалює координацію та діяльність внутрішніх органів. Спортивні тренування не тільки носять цілеспрямований характер, пов'язаний з яким-небудь видом спорту, але і включає різноманітні зростаючі загальнофізичні навантаження, що сприяє гармонічному розвитку та укріпленню організму студента в цілому.

4.4. Основні принципи організації раціонального відпочинку

Рухова активність студентів повинна суворо поєднуватися з періодами відпочинку. При детальному дослідженні питання про вибір найбільш раціональної форми відпочинку було показано, що найбільш ефективними є різноманітні форми так званого активного відпочинку.

Активним відпочинком може бути фізична праця після закінчення занять. При втомі після надмірно інтенсивної роботи слід застосовувати відносно менше навантаження. Норми активного відпочинку повинні бути різноманітними. Найбільша рухова активність повинна приходиться на вільні від навчання та вихідні дні. Важко перерахувати всі можливі види відпочинку студентів. Це і заняття у секціях різноманітними видами спорту, і регулярні фізичні вправи, прогулянки, туристичні походи тощо. Прекрасними різновидами активного відпочинку є слухання музики, читання художньої літератури, гра у шахи тощо.

Підкреслюючи важливу роль активного відпочинку у підвищенні працездатності та укріпленні здоров'я студента, ні в якій мірі не можна зменшувати потреби організму у пасивному відпочинку, головне місце в якому відіграє, безумовно, нормальний сон. Його тривалість повинна бути у середньому 8 год. Відомо, що під час сну виникає як гальмування у корі головного мозку, так і зниження функціональної напруги всіх органів та систем організму, що створює передумови для відновлення затрачених організмом протягом дня ресурсів.

Таким чином, правильне поєднання активного та пасивного відпочинку повинно забезпечити нормальну функцію різноманітних систем організму студентів та сприяти збереженню їх здоров'я.

Запитання для самоперевірки

1. Сформулюйте у чому полягають особливості розумової праці студента.
2. Які умови треба забезпечувати для підтримання високого рівня розумової праці?
3. Яку роль відіграють фізичні вправи у режимі студента?
4. У чому полягають основні принципи організації раціонального відпочинку студента?

5. ПРАВОВА ТА ЕКОНОМІЧНА ОСНОВА НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

5.1. Правова основа вищої освіти

Основним законом України є її Конституція, затверджена на п'ятій сесії Верховної Ради 28 червня 1996 року. У статті 53 Конституції записано: «Кожен має право на освіту. Громадяни мають право безкоштовно отримувати вищу освіту у державних та комунальних навчальних закладах на конкурсній основі».

Існує ціла низка документів, які визначають права та обов'язки студентів ВНЗ.

Основні права та обов'язки студентів викладені у Законі України «Про внесення і доповнення до Закону Української РСР «Про освіту». Студенти ВНЗ мають гарантовані державою права на:

- навчання для отримання відповідного освітнього та освітньо-кваліфікаційного рівнів;
- вибір закладу освіти, форми навчання, освітньо-професійних та індивідуальних програм, позааудиторних занять;
- продовження освіти за фахом, спеціальністю на основі отриманого освітньо-професійного рівня, одержання додаткової освіти відповідно до договору з закладом освіти;
- отримання направлення на навчання, стажування у інших навчальних закладах, у тому числі за кордоном;
- користування навчальною, виробничою, культурною, спортивною, оздоровчою базою навчального закладу;
- доступ до інформації у всіх галузях знань;
- участь у науково-дослідній, дослідно-конструкторській та інших видах наукової діяльності, конференціях, олімпіадах, виставах, конкурсах;
- особисту або через своїх представників участь у суспільному самоуправлінні, у обговоренні, вирішуванні питань удосконалення навчально-виховного процесу, науково-дослідної роботи, призначення стипендій, організації відпочинку, побуту і та ін.;
- участь у об'єднанні громадян;
- безпечні та шкідливі умови навчання та роботи;
- забезпечення стипендією та гуртожитком у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України;
- трудову діяльність в установленому порядку в позанавчальний час;
- перерву у навчанні;
- використання послуг закладів охорони здоров'я, засобів лікування, профілактики захворювань та укріплення здоров'я;
- захист від будь-яких форм експлуатації, фізичного та психологічного насильства, від дій педагогічних та інших робітників, які порушують права або принижують їхню честь та гідність.

Є ціла низка документів, які установлюють детальний порядок реалізації окремих положень зазначеного вище закону.

Студент вищого навчального закладу в кінці кожного семестру повинен скласти заліки та іспити з усіх вивчених у семестрі навчальних дисциплін. Порядок допуску студента до заліково-екзаменаційної сесії установлюється спеціальним положенням про курсові, екзамени та заліки. Відповідно до цього положення на заліково-екзаменаційну сесію виносяться не більш як 6 заліків та 5 екзамнів. До складання заліків допускаються студенти, які виконали всі поточні форми контролю, лабораторні роботи, розрахункові та розрахунково-графічні роботи. Студент, який не склав залік з навчальної дисципліни, винесеної на екзамн, до цього екзамну не допускається. У випадку, коли з будь-якої дисципліни складається тільки залік, а екзамн не передбачений, декан факультету, у випадку хвороби студента або яких-небудь особливих обставин, може дозволити перенести складання цього заліку після останнього екзамну.

Якщо у період сесії студент захворів або ж з'явилися якісь об'єктивні обставини, що заважають студенту скласти всі екзамени і заліки в установлені навчальним графіком терміни, декан факультету може за заявкою студента продовжити йому терміни сесії на відповідну кількість днів за рахунок його канікулярного часу.

Якщо студент у період екзаменаційної сесії отримав три незадовільні оцінки, він відраховується з ВНЗ. Якщо ж кількість незадовільних оцінок менше трьох, то студенту надається можливість перездати ці заборгованості у терміни, встановлені деканатом, але пізніше початку наступного семестру. Коли ж момент початку чергового семестру, студент має хоча б одну заборгованість (незалежно від того екзамн це чи залік) він відраховується із ВНЗ.

У разі виникнення у студента серйозних перешкод для продовження навчання, які виникли через його тривалу або важкі сімейні обставини, пов'язані з необхідністю догляду за хворими батьками або догляду за дитиною, студент може перервати своє навчання на один рік, отримавши для цього академічну відпустку або залишившись повторно на тому ж самому курсі, на якому у нього виникли перешкоди.

Порядок надання студентам академічних відпусток або їхнього повторного залишення регламентується спеціальним положенням від 6 червня 1995 року, затвердженим Міністром освіти та Міністром здоров'я.

Академічна відпустка – це перерва у навчанні, право на яку студент отримує у випадку зниження його працездатності через порушення функцій організму, які обумовлені гострими захворюваннями, що потребують тривалого лікування. До них відносяться загострення хронічних захворювань або часті захворювання (більш ніж один місяць на семестр), анатомічні дефекти, які не дають можливості провести лікування у період навчання. Максимальна тривалість академічної відпустки складає один рік. При необхідності її тривалість може бути продовжена ще на один рік.

Відпустка у зв'язку із вагітністю та пологами, а також відпустка для догляду за дитиною до досягнення нею 3-х річного віку, а у випадку, коли дитина хворіє і потребує домашнього догляду (до досягнення дитиною 6-річного віку) надається відповідно до Закону України про працю.

Академічна відпустка за медичними показаннями надається студентам ректором вищого закладу освіти на підставі висновку лікарсько-консультативної комісії (ЛКК) студентської поліклініки, а там, де вона відсутня, – головного лікаря лікувально-профілактичної установи (ЛПУ), яка провадить медичне обслуговування студентів.

Якщо стан хворого студента і його віддаленість від лікувально-профілактичної установи, яка провадить медичне обслуговування студентів, не дають йому можливості туди звернутися, він може звернутися за лікарською допомогою до територіальної ЛПУ і після закінчення лікування отримати виписку з історії хвороби для подання її до ЛКК студентської поліклініки.

Висновки лікарів відомчих і територіальних лікувально-профілактичних установ про необхідність надання студентам академічної відпустки за медичними показаннями чи звільнення їх від фізичної праці, або перенесення термінів проходження виробничої практики, вважаються недійсними, якщо нема рішення лікарсько-консультативної комісії або візи головного лікаря (завідуючого) лікувально-профілактичної установи, що обслуговує студентів.

У виключних випадках, коли стан хворого і його віддаленість від лікувально-профілактичної установи, не дають можливості лікарям, які проводять медичне обслуговування студентів, провести медичне обстеження студента, керівництво вищого закладу освіти (за згодою ЛПУ, яка обслуговує студентів) приймає рішення про надання академічної відпустки на підставі висновку ЛКК лікувально-оздоровчої установи, де лікується студент.

Для прийняття лікарями експертного рішення до лікувально-профілактичної установи, яка обслуговує вищий заклад освіти, подаються запит з вищого закладу освіти, детальна виписка з історії хвороби від медичної установи, під наглядом якої знаходиться студент, і проводиться його повне медичне обстеження. При експертному вирішенні питання про необхідність надання академічної відпустки (повторного курсу навчання за медичними показниками) враховуються: строки тимчасової втрати працездатності (більше одного місяця за семестр); специфіка навчального процесу; профіль вищого закладу освіти; ступінь адаптації студента; можливість погіршення здоров'я (перехід гострого захворювання у хронічне, вихід на інвалідність), якщо студент продовжуватиме навчання.

На підставі розгляду виписки із історії хвороби і даних медичного обстеження лікарсько-консультативна комісія (у випадку її відсутності, головний лікар), за участю представника вищого закладу освіти (у разі потреби), робить висновок про необхідність надання студенту академічної відпустки або його переведення за станом здоров'я на навчання на іншу спеціальність

або до іншого вищого закладу освіти. У висновку ЛЛК зазначається рекомендована тривалість академічної відпустки.

Надання академічної відпустки оформляється відповідним наказом ректора вищого закладу освіти із зазначенням підстави надання відпустки та її термінів.

У всіх випадках загострення хронічних або гострих психічних захворювань вищого закладу освіти спільно із лікувально-профілактичною установою на підставі висновку психоневрологічного диспансеру розглядають і вирішують питання про відрядження студента з закладу освіти або рекомендують переведення студента згідно з довідкою лікарсько-консультативної комісії на іншу спеціальність або до іншого вищого закладу освіти. При сприятливому прогнозі хвороби студентам надається академічна відпустка терміном не більше одного року.

Студентам, хворим на туберкульоз, академічна відпустка надається терміном, як правило, на один рік. Питання про продовження терміну академічної відпустки або переведення таких студентів до іншого вищого закладу освіти вирішується в індивідуальному порядку.

Студенти, які не скаржились на стан здоров'я до початку екзаменаційної сесії, отримали під час екзаменів незадовільні оцінки, вважаються невстигаючими.

Усі суперечливі питання з приводу надання академічної відпустки розглядаються безпосередньо керівництвом вищого закладу освіти разом з лікувально-профілактичними установами.

Повторне навчання – це повторне проходження працездатним студентом (який не має права на отримання академічної відпустки за медичними показниками) курсу навчання за певний семестр, навчальний план якого студент не виконав у повному обсязі з поважних причин і через тривалі захворювання, пов'язані, зокрема, з епідеміями, часті захворювання (понад один місяць за семестр); службові відрядження і складні сімейні обставини, зокрема, необхідність догляду за членами сім'ї та тощо.

Студенти першого курсу вищих закладів освіти правом на повторне навчання не користуються.

Підставою для надання студентам права на повторне навчання може бути невиконання ним до початку екзаменаційної сесії навчального плану поточного семестру з поважних причин, підтверджених відповідними документами (через тривалі захворювання, пов'язані, зокрема, з епідеміями; часті захворювання (понад один місяць за семестр); службові відрядження; складні сімейні обставини, зокрема, необхідність догляду за членами сім'ї і тощо.

Довідки про захворювання студента під час семестру завіряються у лікувально-профілактичній установі, яка його обслуговує, і подаються до вищого закладу освіти протягом тижня після закінчення лікування.

Питання надання студенту права на повторне навчання вирішується ректором вищого закладу освіти за поданням декана факультету (завідувача

відділенням) до початку відповідного семестру і оформлюється відповідним наказом.

Повторне навчання здійснюється з початку семестру, навчальний план якого студент не виконав.

Студентам, які навчалися за кошти державного бюджету, призначається стипендія за рахунок бюджетного фінансування з часу поновлення їх на навчання до підведення підсумків чергової екзаменаційної сесії.

Студентам, які залишилися на повторне навчання, можуть бути перезараховані дисципліни, з яких за результатами підсумкового контролю вони мали оцінку не нижче «добре» або «зараховано». Перезарахування здійснюється на підставі заяви студента і за згодою декана факультету (завідувача відділення).

За весь період навчання студент може скористатися правом на проходження повторного курсу навчання не більш двох разів.

Порядок переведення, відрахування та поновлення студентів вищих закладів освіти регламентується спеціальним положенням.

Дане Положення регулює питання **переведення студентів**, які навчаються за освітньо-кваліфікаційними рівнями – бакалавр та магістр у вищих закладах освіти незалежно від підпорядкування та форм власності.

Переведення студентів з одного вищого закладу освіти до іншого незалежно від форми навчання, напрямку підготовки фахівців з вищою освітою, спеціальності здійснюється за згодою ректорів (директорів) обох вищих закладів освіти.

Переведення студентів, а також поновлення осіб, які були відраховані з вищих навчальних закладів освіти, здійснюється, як правило, під час літніх або зимових канікул.

Особи, які вступили до вищих закладів освіти і навчалися за рахунок коштів державного бюджету, користуються пріоритетним правом при переведенні та поновленні на місця державного замовлення за умови наявності таких вакантних місць.

При відсутності вакантних місць, що фінансуються за рахунок коштів державного бюджету, згадані вище особи за їх згодою можуть бути переведені або поновлені на навчання із сплатою за рахунок коштів місцевого бюджету, галузевих міністерств, відомств, підприємств, організацій, установ та фізичних осіб за умови наявності вакантних місць ліцензованого обсягу.

Особи, які навчаються в державному вищому закладі освіти на договірній основі з оплатою за рахунок коштів місцевого бюджету, галузевих міністерств, відомств, підприємств, установ та фізичних осіб, можуть бути переведені на навчання на таких же умовах до інших державних закладів освіти. Такі переведення можуть бути здійснені за умови наявності вакантних місць ліцензованого обсягу та згоди замовників, що фінансують підготовку.

Згадані вище особи можуть бути переведені і на вакантні місця державного замовлення у даному чи іншому вищому закладі освіти на конкурсній основі та за умови згоди замовників.

Особи, які навчаються в акредитованому недержавному вищому закладі освіти, можуть бути переведені до державних вищих закладів освіти на умовах, що передбачені для осіб, які навчаються у державному вищому закладі освіти на договірній основі.

Студенти, які навчаються в неакредитованих недержавних вищих закладах освіти, не користуються правом переведення до державних вищих закладів освіти.

При існуванні двосторонніх угод (студент і підприємство, організація, установа), або тристоронніх (студент, заклад освіти і підприємство, організація, установа) переведення студентів з однієї спеціальності, форми на іншу, або з одного закладу освіти до іншого здійснюється за умови внесення відповідних змін до даних угод, з дотриманням вимог чинного законодавства.

Переведення студентів на перший курс вищих навчальних закладів освіти забороняється. За умови виключних обставин ці питання можуть розглядатися міністерствами або відомствами, які мають у своєму підпорядкуванні вищі навчальні заклади освіти.

Студент, який бажає переводитися до іншого вищого навчального закладу освіти, подає на ім'я ректора (директора) вищого навчального закладу освіти, в якому він навчається, заяву про переведення і одержання його письмової згоди, звертається з цією заявою до ректора (директора) того вищого навчального закладу освіти, до якого він бажає переводитися.

При позитивному розгляді заяви і за умови ліквідації академічної різниці ректор (директор) вищого навчального закладу освіти видає наказ, згідно з яким студент допускається до занять, а до закладу освіти, в якому він навчався раніше, направляє запит щодо одержання поштою його особової справи.

Ректор (директор) вищого навчального закладу освіти, в якому студент навчався раніше, отримавши запит, видає наказ про відрахування студента у зв'язку з його переведенням до іншого вищого навчального закладу освіти і у тижневий термін пересилає особову справу студента на адресу вищого навчального закладу освіти, від якого надійшов запит. У вищому навчальному закладі освіти, в якому студент навчався раніше, залишаються копії академічної довідки, навчальної картки студента, залікова книжка та список надісланих документів. Порядок збереження цих документів такий самий, як і особових справ студентів.

Ректор вищого навчального закладу освіти, до якого переводиться студент, після одержання особової справи видає наказ про його зарахування.

5.1.1. Відрахування студентів

Студент може бути відрахований з вищого навчального закладу освіти:

- за власним бажанням;
- у зв'язку з переведенням до іншого вищого навчального закладу освіти;
- за академічну неуспішність;
- за станом здоров'я на підставі висновку ЛКК;

– за порушення навчальної дисципліни і правил внутрішнього розпорядку вищого навчального закладу освіти.

Відрахування неповнолітніх студентів здійснюється за погодженням зі службою у справах неповнолітніх місцевих органів виконавчої влади.

5.1.2. Поновлення до складу

Поновлення до складу студентів здійснюється ректором (директором) вищого навчального закладу освіти незалежно від тривалості перерви у навчанні, причини виключення, трудового стажу, форми навчання і з урахуванням здатності претендента успішно виконувати графік навчального процесу.

Студенти, які навчалися в неакредитованих недержавних вищих навчальних закладах освіти, не користуються правом поновлення до державних вищих навчальних закладів освіти.

Особи, які відраховані з вищих навчальних закладів III, IV рівнів акредитації, можуть бути поновлені на навчання до вищих навчальних закладів освіти I, II рівнів акредитації.

Заява про переведення або поновлення повинна бути розглянута у вищому навчальному закладі освіти протягом двох тижнів, і заявникові повідомлені умови зарахування на навчання або причина відмови.

Порядок ліквідації академічної різниці встановлюється ректором (директором) вищого навчального закладу освіти. Ліквідація академічної різниці здійснюється, як правило, до початку навчальних занять.

Поновлення студентів на перший курс вищих навчальних закладів освіти забороняється. Ректор (директор) вищого навчального закладу освіти має право поновити на другий курс студентів, які були виключені з першого курсу, за умови ліквідації ними академічної заборгованості до початку навчальних занять.

5.1.3. Оформлення документів

Студенту, який відрахований з вищого навчального закладу освіти, видається академічна довідка встановленої форми, яка затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 17.12.93 р. №1058 «Про затвердження переліку і зразків документів про освіту та вчені звання в Україні», та оригінал документа про повну загальну середню освіту (базову загальну середню) освіту. До особової справи студента вкладаються: копія академічної довідки, підписаної керівництвом вищого навчального закладу освіти і скріпленої гербовою печаткою, завірена деканом (завідуючим відділенням) залікова книжка, студентський квиток і скріплена печаткою за підписом декана (завідуючого відділенням) навчальна картка студента з зазначенням студентом навчального плану.

Відомості про вивчені предмети та складені заліки і екзамени заносяться до академічної довідки окремо за кожен семестр.

При заповненні академічної довідки студентам, які навчалися без відриву від виробництва, у графі «Кількість годин за навчальним планом» ставить-

ся кількість годин, які передбачені навчальним планом для денної форми навчання.

Студенту, який навчався у декількох вищих навчальних закладах освіти, видається академічна довідка, до якої заносяться оцінки, одержані ним під час навчання у цих закладах освіти. У цьому випадку до академічної довідки перед переліком предметів, складених у вищому навчальному закладі освіти, який видає довідку, заносяться предмети, складені у вищих навчальних закладах освіти та вказується назва цих закладів освіти.

До академічної довідки не вносяться предмети, з яких студент одержав незадовільні оцінки. Студентам, які вибули з першого курсу вищого навчального закладу освіти і не склали екзамени та заліки, видається академічна довідка з записом, що студент заліків та екзаменів не складав.

Студенту, який поновлений у вищому навчальному закладі освіти, видається залікова книжка з проставленими перезарахованими предметами з відповідними оцінками, одержаними в іншому навчальному закладі. Перезарахування предметів здійснює декан факультету (завідуючий відділенням).

До особової справи студента (переведеного з іншого вищого закладу освіти або поновленого) вкладаються: виписка з наказу про зарахування, заява, академічна довідка.

Реєстрація академічних довідок проводиться у спеціальній книзі, до якої заносяться такі дані:

- порядковий реєстраційний номер;
- прізвище, ім'я, по батькові особи, яка одержала академічну довідку;
- номер академічної довідки;
- дата видачі;
- підпис особи, яка одержала довідку;
- підстава видачі академічної довідки.

5.1.4. *Обов'язки студентів*

Обов'язками студентів є:

- додержання законодавства, моральних, етичних форм;
- систематичне глибоке оволодіння знаннями, практичними навичками, професійною майстерністю, підвищення загального культурного рівня;
- додержання статуту, правил внутрішнього розпорядку закладу освіти.

Випускники вищих навчальних закладів освіти, які здобули освіту на кошти державного або місцевого бюджетів, направляються на роботу і зобов'язані відпрацьовувати за направленням у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

Інші обов'язки осіб, можуть встановлюватися законодавством, положеннями про заклад.

5.1.5 Порядок працевлаштування випускників, які навчались за державним замовленням

Випускники вищих навчальних закладів працевлаштовуються на місця, доведені до вищого навчального закладу виконавцями державного замовлення.

Керівництво вищого навчального закладу не пізніше ніж за рік до закінчення навчання пропонує випускнику посаду відповідно до укладеної угоди. При цьому вищим навчальним закладом оформлюється картка працевлаштування випускника (додаток 2) у двох примірниках на кожну особу. Перший примірник зберігається у вищому навчальному закладі, другий – надсилається замовникові.

Замовник не пізніше ніж за два місяці до закінчення навчання на підставі одержаної картки працевлаштування підтверджує вищому навчальному закладу достовірність надісланого ним переліку місць працевлаштування випускників.

Вручення випускникові диплому про закінчення вищого навчального закладу, направлення на роботу та видача належних йому коштів, які перераховані до вищого навчального закладу замовником, здійснюється протягом семи днів після закінчення ним вищого навчального закладу. Оформлення замовником або вищим навчальним закладом (за домовленістю із замовником) направлення на роботу є підставою для укладання трудового договору між молодим фахівцем і замовником.

Молодий фахівець повинен прибути до місця призначення у термін, визначений у направленні на роботу. Якщо замовник відмовив у прийнятті на роботу молодого фахівця, останній звертається до державної служби зайнятості за сприянням у працевлаштуванні. При цьому пред'являється направлення на роботу і скріплена печаткою замовника довідка у працевлаштуванні.

Реєстрація молодих фахівців у державній службі зайнятості здійснюється за місцем постійного проживання у порядку, визначеному законодавством про зайнятість населення.

На прохання молодого фахівця, який отримав довідку про надання можливості самостійного працевлаштування, або за направленням служби зайнятості протягом трьох років після закінчення ним вищого навчального закладу керівник підприємства, установи організації може оформити йому направлення на роботу.

5.1.6 Соціальні гарантії і компенсації

Молодим фахівцям, які одержали направлення на роботу після закінчення вищого навчального закладу, надається відпустка тривалістю 30 календарних днів. За час відпустки молодим фахівцям виплачується допомога в розмірі місячної стипендії за рахунок замовника. Після укладення трудового договору на молодих фахівців поширюються всі види соціального захисту, передбачені колективним договором працівників підприємства, установи, організації.

Молодим фахівцям, які звернулися за сприянням у працевлаштуванні до державної служби зайнятості і зареєстровані як такі, що шукають роботу, протягом десяти календарних днів з моменту реєстрації підшукується відповідна робота з урахуванням спеціальності. Якщо відповідної роботи не запропоновано, їм надається статус безробітних з виплатою допомоги з безробіття до вирішення питання про працевлаштування згідно із законодавством про зайнятість населення. У цей період молоді фахівці: мають право на безоплатну професійну орієнтацію, а також на участь в оплачуваних громадських роботах. На осіб, зайнятих на громадських роботах, поширюються соціальні гарантії, включаючи право на пенсійне забезпечення, виплату допомоги у зв'язку з тимчасовою непрацездатністю.

Звільнення молодого фахівця з ініціативи замовника до закінчення терміну угоди дозволяється у випадках, передбачених статтею 40 Кодексу законів про працю України.

У разі неможливості надати відповідну роботу державна служба зайнятості за бажанням молодих фахівців направляє їх на перепідготовку з метою подальшого працевлаштування за набутою новою спеціальністю чи професією.

Якщо замовник відмовляє молодому фахівцеві у прийомі на роботу після одержання з вищого навчального закладу картки працевлаштування, влаштування його на роботу здійснюється згідно з пунктом 25 цього Порядку, у разі якщо вищий навчальний заклад не може запропонувати випускникові інше місце роботи.

Посади за штатним розкладом, на які у поточному році повинні бути прийняті на роботу молоді фахівці, згідно з угодою, не підлягають зміщенню іншими працівниками. У разі виробничої потреби на ці посади можуть бути прийняті інші працівники на термін до призначення на них молодих фахівців.

Якщо випускник за його згодою переводиться на роботу до іншого підприємства, установи, організації, йому видається цим підприємством, установою, організацією нове направлення на роботу. За випускником у цьому разі зберігаються всі права і обов'язки молодого фахівця.

Випускникам, які закінчили вищі навчальні заклади з відзнакою, за рішенням замовника може встановлюватися вища заробітна плата у межах схеми посадових окладів. Випускники, які одержали направлення на роботу до іншої місцевості, а також члени їх сімей забезпечуються житлом згідно із законодавством.

За випускниками, які одержали направлення на роботу до іншої місцевості, житло за попереднім місцем проживання зберігається згідно із законодавством.

5.2. Економічна основа навчання студента у ВНЗ

Основним джерелом фінансування державного вищого навчального закладу є державний бюджет, який щорічно затверджується Верховною Радою України. За рахунок бюджетних коштів здійснюється підготовка студентів,

які зараховані до ВНЗ за державним замовленням відповідно до плану прийому, затвердженим Міністром освіти.

Студенти, які навчаються тільки на «відмінно» і «добре» отримують щомісячну стипендію у розмірах, установлених Кабінетом Міністрів. Студентам-сиротам і тим студентам, які залишилися без опікування батьків при вступі до ВНЗ видається комплект нового одягу та взуття на суму, яка не перевершує 15 мінімальних зарплат, а також грошова допомога у розмірі трьох мінімальних зарплат. Цій категорії студентів надається щорічно матеріальна допомога за рахунок стипендіального фонду, а також коштів навчального закладу у розмірі шести мінімальних зарплат. Їм надаються і інші пільги, установлені Постановою Кабінету Міністрів від 5 квітня 1994 року №226 «Про покращення виховання, навчання, соціального захисту та матеріального забезпечення дітей-сиріт і дітей, які залишилися без опікування батьків».

Іншу категорію студентів складають ті із них, які приймають на навчання до ВНЗ на контрактній (платній) основі, поза установленим планом держзамовлення у межах ліцензійного обсягу даного ВНЗ. Такі студенти вносять щорічно відповідну суму грошей, обумовлену складеним при вступі до ВНЗ договором між ректором даного ВНЗ та студентом. Зазначена сума грошей йде на покриття витрат, які затрачує вищий навчальний заклад на навчання цього студента.

Сума щорічного внеску визначається на основі розрахункової калькуляції, складеної планово-фінансовим відділом ВНЗ. Кошторис витрат на навчання одного студента щорічно передивляється і своєчасно доводиться до студента. В окремих випадках оплата за навчання студента може бути внесена окремим закладом, виробництвом, фірмою або якимсь спонсором. Всі ці випадки обумовлюються у договорі при прийомі студента на навчання.

Оплата за навчання студента повинна вноситися регулярно до початку навчального року. При відрахуванні студента із ВНЗ внесені у касу гроші не повертаються.

В окремих випадках студенти-відмінники, прийняті до ВНЗ на платній основі, при наявності вакантних місць у групах, де навчаються студенти держзамовлення даної спеціальності, за їх заявою можуть бути переведені на навчання без оплати наказом ректора даного ВНЗ.

Студенти, які навчаються у ВНЗ на контрактній основі, правом на отримання стипендії не користуються.

Для особливого обдарованих студентів, які навчаються тільки на «відмінно», і, крім того, займаються науковими дослідженнями, беруть участь у художній самодіяльності або спортивних змаганнях, установлюються іменні стипендії, які вищі ніж звичайні стипендії. До таких стипендій відносяться: стипендія Президента України, стипендія обласної державної адміністрації, стипендія Вченої Ради ВНЗ, стипендії видатних учених та стипендії різних Фондів.

В окремих випадках найбільш бідуючим студентам, які не отримують стипендії, ректор ВНЗ може надавати матеріальну допомогу, як правило, у

розмірі, не перевершуючи розмір стипендії. Для цього студент повинен подати заяву на ім'я ректора із поясненням виниклих обставин, які потребують такої допомоги. Матеріальна допомога студенту може бути надана і профспілковим комітетом ВНЗ за його заявою.

Запитання для самоперевірки

1. За яких умов студент відраховується з ВНЗ?
2. Коли студент має право на академічну відпустку?
3. Коли студент має право на повторне навчання у ВНЗ?
4. В якому випадку студент, який навчається за контрактом може бути переведений на навчання за держбюджетом?

6. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ У РОБОТІ СТУДЕНТА

Важливе значення для організації діяльності студента-початківця складають питання, що пов'язані з технікою безпеки.

Техніка безпеки вимагає серйозного ставлення до неї з перших кроків діяльності студента у ВНЗ, оскільки йому доводиться мати справу з різноманітними лабораторними установками, що містять електричні пристрої. Перш за все, треба звернути увагу на додержання правил техніки безпеки при роботі з електроустановками, хоч вони і конструюються так, щоб по можливості забезпечувати максимальну безпеку для життя людей. Обслуговуючий їх персонал завжди повинен мати чіткі уявлення про небезпечність електричного струму.

На відміну від інших джерел небезпеки електричний струм неможливо виявити без приладів, тому діє він на людину завжди зненацька. Проходячи через організм людини, електричний струм виявляє **термічну, електролітичну і біологічну дію**. В результаті термічної дії викликається розігрів організму, виникають опіки тіла; в результаті електролітичної дії розкладається кров та інші органічні рідини в організмі. Біологічна дія виявляється у порушенні і роздратуванні тканин та мимовільному судорожному скороченні м'язів.

Електротравми умовно розділяють на **місцеві** (якщо відбувається локальне порушення цілісності тканин організму) і **електричні удари** (при яких порушуються фізіологічні процеси в організмі людини). Характерні види місцевих електротравм - електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, електрофтальмія, механічні ушкодження.

Опіки залежно від причини впливу струму бувають контактні і дугові. Вони виникають в установках з відносно невеликими напругами. Для електроопіків характерні знаки струму, тобто наявність щільного струпу, що повторює обрис оголеного електричного провідника, з яким відбувся контакт потерпілого. При металізації шкіри в її верхні шари проникають дрібні часточки металу, що розплавився під дією електричної дуги. **Електрофтальмія** – запалення очей внаслідок впливу потужного потоку ультрафіолетових променів.

Причиною механічних ушкоджень служать різкі судорожні скорочення м'язів під дією струму.

Тяжкість ураження електричним струмом залежить від ряду факторів, найважливіші з яких: сила струму, що протікає через тіло людини; тривалість його дії і частота; шлях проходження струму через тіло; індивідуальні особливості організму людини; стан приміщення, у якому експлуатується електроустановка; площа контакту людини зі струмоведучими частинами (рис. 1).

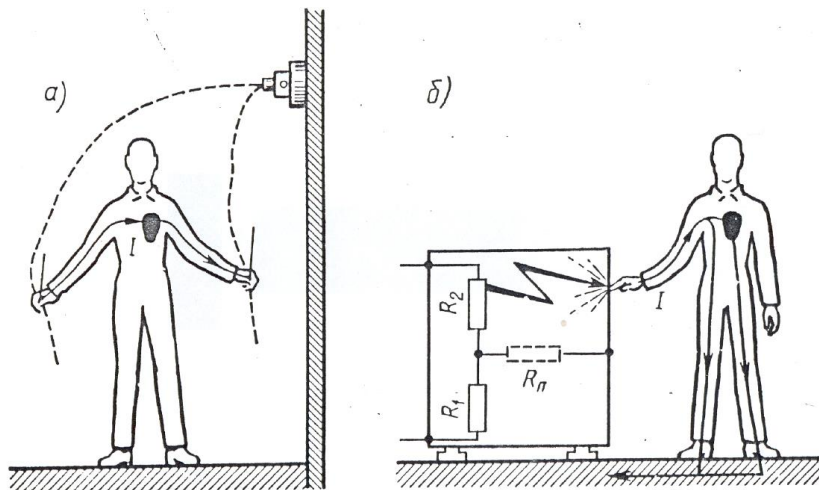


Рис. 1. Можливі шляхи проходження струму через людину

Значення сили електричного струму, що проходить через організм, залежить від напруги, під якою знаходиться людина, і від опору тіла людини.

Опір тіла не постійний, він коливається в дуже широких межах. Так, за даними дослідників, опір сухої шкіри може бути від 3000 до 100000 Ом, а вологої знижується до 1000 Ом і менше. Підвищення напруги, прикладеної до тіла людини, у багато разів зменшує опір шкіри. Отже, чим вище прикладена напруга, тим більше небезпека ураження. Однак саме по собі значення напруги не може служити критерієм небезпеки ураження.

Враховуючи, що більшість уражень відбувається при напрузі 127, 220, 380 В, а пробій шкіри починається при напрузі 40 – 50 В, у нашій країні в за **безпечну** прийнята напруга **змінного струму в 42 В** (а в особливо небезпечних приміщеннях і умовах 12 В) і еквівалентного йому з умов безпеки **постійного струму в 110 В**.

Людина починає відчувати дію проходячого через нього змінного струму при значеннях 0,6–1,5 мА і 5–7 мА – при постійному струмі (**граничний відчутний струм**). При струмі до 10 мА і частоті 50 Гц відчувається дратівна дія струму, яка супроводжується судомними скороченнями м'язів. При 10–15 мА біль стає дуже сильною, а людина через мимовільне скорочення м'язів самотійно відпустити провід не може. При струмі 25–50 мА утрудняється подих, а при струмі більш 50 мА й аж до 100 мА порушується і робота серця з одночасним паралічем подиху. **Струм в 100 мА при 50 Гц і вище вважають смертельним для людини.**

Тривалість проходження струму через організм істотно впливає на результат ураження: чим триваліше дія струму, тим більше імовірність важкого і смертельного результату. Настання фібриляції і зупинка серця відбуваються при тривалості впливу струму більш 0,8 с чи при збігу часу проходження струму з фазою заземлення кардіологічного циклу. Небезпека ураження від змінного струму сягає максимуму при частотах 50–200 Гц. Струм від 200000 Гц і вище безпечний. змінний струм приблизно у 4–5 разів небезпечніше постійного.

Так як основний шлях струму в організмі людини збігається з кровоносними судинами і нервовими стовбурами (через їхній менший опір), то на тяжкість травми впливає, якою частиною тіла потерпілий торкнувся струмоведучих частин. Найбільш небезпечний шлях струму уздовж осі тіла (права рука-ноги) чи шлях, що лежить через життєво важливі органи: серце, легені, мозок. Встановлено, що здорові і фізично міцні люди легше переносять електричні удари, чим хворі й ослаблені. Тому вимогами охорони праці передбачений добір із стану здоров'я персоналу для роботи на електроустановках. Є спеціальний перелік протипоказань, що перешкоджає прийому на роботу на електроустановках людей з певними хворобами (хвороби серця, астма, захворювання крові, нервової системи й ін.).

Імовірність електротравми багато в чому визначається **видом приміщень**, що за ступенями небезпеки враження електричним струмом поділяють на **особливо небезпечні, з підвищеною небезпекою і без підвищеної небезпеки**.

До приміщень особливо небезпечним відносять приміщення з відносно вологістю, близької до 100 %, з хімічно активним середовищем, що діє руйнуюче на ізоляцію і струмоведучі частини електроустаткування, при наявності двох чи більше умов підвищеної небезпеки.

До приміщень з підвищеною небезпекою відносять вологі приміщення з відносною вологістю до 75 % с наявністю струмопровідного пилу, зі струмопровідними підлогами (металеві, земляні, залізобетонні, цегельні), гарячі (температура перевищує 30 °C), з можливістю одночасного дотику людини до металевих конструкцій будинку, що має з'єднання з землею, технологічним устаткуванням, механізмами, з одного боку, і до металевих корпусів з іншої. Всі інші приміщення відносять до приміщень без підвищеної небезпеки.

Оснащення лабораторій установками повинне виконуватись в суворій відповідності з «Правилами обладнання електроустановок» (ПОЕ). Значення напруги, що допускається, залежить від призначення обладнання, умов його експлуатації і стану навколишнього середовища.

Основні причини електротравматизму такі:

- випадковий дотик до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою (оголені дроти, контакти розеток, шини, рубильники), в результаті проведення робіт поблизу чи на цих частинах (свердління дрилем, пробивання отворів тощо); несправність захисних засобів, якими потерпілий доторкався до струмоведучих частин; помилкове прийняття устаткування, що знаходиться під напругою, як відключеного;

- несподіване виникнення напруги через ушкодження ізоляції там, де в нормальних умовах його бути не повинно; контакт струмопровідного устаткування з проводом, що знаходиться під напругою; замикання фаз на землю тощо;

- поява напруги на відключених частинах устаткування в результаті помилкового включення тоді, коли на ньому виконують роботи; замикання

між відключеними проводами, що знаходились під напругою; наведення напруги від сусідніх працюючих установок тощо;

– виникнення наведеної напруги на поверхні землі в результаті замикання дроту на землю, несправностей у пристроях занулення тощо.

В останньому з названих випадків людина, яка виявилася в зоні розтікання струму по землі, попадає під напругу, названу кроковою, яка поблизу дроту досягає небезпечних значень. Крокова напруга залежить від відстані між точками дотику людини з землею. Для забезпечення безпеки, йти від упалого проводу треба дрібними кроками (меншими довжини ступні). На відстані 20 м від упалого проводу напруга, як правило, дорівнює нулю.

Для попередження уражень електричним струмом необхідно: чітко й у повному обсязі виконувати правила виконання робіт і технічної експлуатації; обслуговування устаткування. До роботи з інструментом допускати осіб, що пройшли навчання і мають посвідчення на право виконання робіт; використовувати низькі напруги. У приміщеннях з підвищеною небезпекою необхідно використовувати напруги не вище 42 В.

При порушенні цілісності ізоляції чи обриву проводів корпусу електричних машин, трансформаторів, світильників, приводи електричних апаратів, каркаси розподільних щитів, шаф і інші металеві струмоведучі частини можуть виявитися під напругою. Якщо при цьому установка не має контакту з землею, то при дотику до неї виникає небезпека ураження людей електричним струмом. Для попередження небезпеки, зв'язаної з переходом напруги на не струмоведучі металеві частини, служать **спеціальні міри: заземлення, занулення і захисне відключення.**

Захисним заземленням називають навмисне електричне з'єднання з землею металевих не струмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою. Заземлення електроустановок необхідно виконувати у всіх випадках при напругах 500 В і вище. При напругах вище 42 В змінного струму і 110 В постійного, в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх електроустановках таке заземлення обов'язкове.

Кожна установка, що заземлюється, повинна бути приєднана до заземлювача або до магістралі, що заземлює, за допомогою окремого відгалуження (рис. 2 і 3). Пересувні електроустановки заземлюють через жилу гнучкого кабелю. Захисне заземлення необхідно періодично оглядати і ремонтувати в терміни, установлені ПУЕ. У необхідних випадках, коли з'єднання з землею потрібно для роботи установки, виконують робоче заземлення.

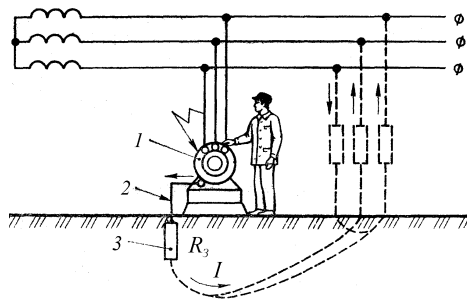


Рис. 2. Принципова схема захисного заземлення:
1 – електроустановка; 2 – заземлюючий провідник; 3 – заземлювач

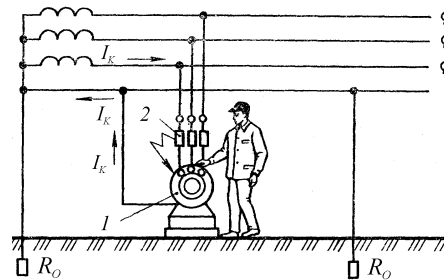


Рис. 3. Принципова схема захисного занулення:
1 – електроустановка; 2 – максимальний струмовий захист

Профілактичний огляд пристроїв, що заземлюють, роблять не рідше 1 разу на рік. В нього входить перевірка стану пристрою, що заземлює, наявності ланцюга між контуром заземлення і пристроями, що заземлюють. Категорично забороняється знищувати заземлюючий провід, переключати його з однієї пластини вилки приладу на іншу, перез'єднувати (змінювати місцями) проводи, що підходять до штепсельної розетки, тому що це часто може призвести до поразки електричним струмом.

Розповсюдженим **способом захисту мереж напругою до 1000 В** служить занулення, під яким вважають навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним (заземленим) дротом металевих струмоведучих частин, устаткування, які можуть виявитися під напругою (рис. 6). Занулення застосовують при чотирьохпровідній системі трифазного струму з глухозаземленою нейтраллю. Зміст занулення полягає в тому, що воно перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання, в результаті якого спрацьовує максимальний струмовий захист (перегоряє запобіжник), що відключає ушкоджену ділянку мережі. Для збільшення безпеки нульовий провід заземлюють у декількох точках.

Організація безпечної експлуатації електроустановок повинна проводитися відповідно до ГОСТ та ДСТУ «Електробезпечність. Захисне заземлення, занулення», «Правилами технічної експлуатації електроустановок», «Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок», «Правилами обслуговування електроустановок».

Перша допомога при нещасних випадках від електричного струму складається з двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму (рис. 4) і надання йому **долікарської медичної допомоги**.

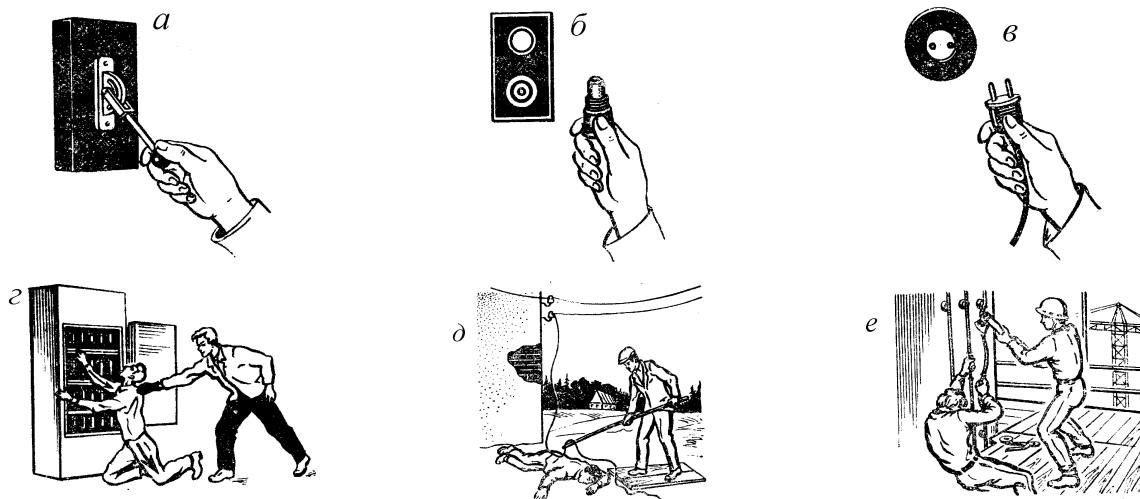


Рис. 4. Визволення потерпілого від струму в електроустановці напругою до 1000 В:

а, б – відключення струму за допомогою рубильника, пробки;

в – відключення штепсельної вилки; г – відтягування за одяг;

д – відкидання проводу дерев'яною палкою; е – перерубання проводів

Для відділення потерпілого від струмоведучих частин при напрузі до 1000 В необхідно, у першу чергу застрахувати себе. Від попадання під напругу. Ні в якому разі не можна торкатися відкритих частин тіла чи ділянок вологого одягу. Першою дією виконуючого допомогу повинно бути швидке відключення електроустановки, якою торкається потерпілий. При неможливості швидкого відключення потрібно пам'ятати, що в більшості випадків постраждалий сам відірватися від проводів не може, і тому, скориставшись сухим одягом, ціпком, дошкою, потрібно відтягнути його від струмоведучих частин. Рекомендується при цьому діяти по можливості однією рукою. Виконуючий допомогу повинний надягти діелектричні рукавички або обмотати руки шарфом, надягти на руки сукняний кашкет чи використовувати інший сухий одяг. Якщо немає можливості відтягнути потерпілого, то варто перерубати чи перерізати провід сокиркою із сухою дерев'яною ручкою або перекусити кожен провід гострозубцями з ізольованими рукоятками. Якщо потерпілий знаходиться у свідомості, але злякався, розгубився, можна різким окриком: «Підстрибни» – змусити його відірватися від землі для розриву ланцюга.

Міри першої долікарської допомоги після звільнення потерпілого від дії струму залежать від його стану. Якщо потерпілий дихає і знаходиться у свідомості, то його варто покласти у зручне положення, розстебнути на ньому одяг і накрити, забезпечивши до приходу лікаря, повний спокій. Якщо людина відчуває себе задовільно, то все ж не можна дозволяти їй вставати, тому що відсутність важких симптомів після ураження електричним струмом не виключає можливості наступного погіршення стану людини. Коли людина знаходиться в несвідомому стані, але в нього зберігається стійкий подих і пульс, варто дати йому понюхати нашатирний спирт, облити обличчя водою, забезпечуючи спокій до приходу лікаря.

Якщо потерпілий дихає погано або не дихає, йому треба негайно почати робити штучне дихання і непрямий масаж серця. Ніколи не слід відмовлятися

від допомоги постраждалому і вважати його мертвим через відсутність подиху, серцебиття й інших ознак життя. Відомо багато випадків, коли люди, уражені струмом, що знаходилися в стані клінічної смерті, після вживання відповідних заходів видужували і поверталися на роботу.

Існує **кілька способів штучного дихання**. Найбільше розповсюджені – це способи штучного дихання: **«рот у рот»** чи **«рот у ніс»** (рис. 5). Ці способи полягають у тому, що той, хто надає допомогу, набирає в легені якнайбільше повітря і робить енергійний видих у легені потерпілого через рот чи ніс останнього. Перед початком штучного дихання потрібно переконатися у тому, що верхні дихальні шляхи травмованого вільні для проходження повітря.

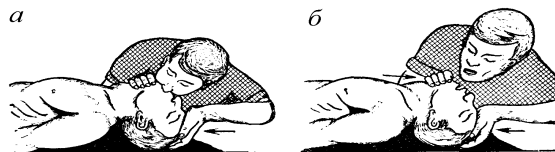


Рис. 5. Виконання штучного дихання способом «із рота в рот»: *а* – вдих; *б* – видих

Крім штучного дихання необхідно робити непрямий **масаж серця** за відомою методикою лабораторії експериментальної фізіології з поживленню організму (рис. 6).

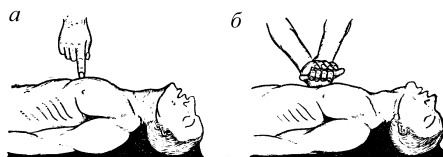


Рис. 6. Місце надавлювання на грудну клітину (*а*) і положення рук при натисканні на неї (*б*) при зовнішньому (непрямому) масажі серця

Першу допомогу роблять по можливості на місці події. Робити штучне дихання необхідно безупинно до досягнення позитивного результату або появи безперечних ознак смерті. Непрямий масаж серця, так само як і штучне дихання, повинен уміти виконувати кожен.

Запитання для самоперевірки

1. Які дії здійснює струм, проходячи через тіло людини ?
2. Які величини напруг змінного та постійного струму вважаються небезпечними для людини ?
3. Від чого залежать шляхи струму через тіло людини ?
4. На які види поділяються приміщення з урахуванням вимог техніки безпеки ?
5. Назвіть основні причини електротравматизму.
6. Що таке захисне заземлення і які його види ви знаєте ?
7. Що таке занулення і як воно виконується ?
8. У чому полягає перша допомога потерпілому?
9. Назвіть способи визволення потерпілого від струму.
10. Назвіть способи штучного дихання.
11. Як робиться непрямий масаж серця ?

7. ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ

7.1. Поняття про галузь «Енергетика»

Вже у вступі до цієї книжки ми сказали, що все живе на землі для своєї життєдіяльності потребує енергії, багато енергії. Що ж таке енергія?

«Енергія» у перекладі з грецької означає «діяльність». І це дійсно так, бо будь-яка діяльність пов'язана як з витратою, так і з виділенням енергії.

У фізиці поняття «енергія» визначає деяку загальну міру різних форм руху матерії (механічної, теплової, хімічної, ядерної, гравітаційної та ін.), і всі ці форми руху мають унікальну властивість перетворюватися одна в одну. У самому загальному сенсі поняття **енергія – це здатність виконувати роботу.**

Відповідно до закону збереження енергії вона не може ні створюватися, ні зникати. Енергія може тільки перетворюватися.

І у виробничій діяльності, і у природі процес перетворення енергії протікає безперервно. **Галузь промисловості**, завдяки якій ми отримуємо енергію для свого життя та своєї діяльності, **отримала назву енергетики.**

Під енергетикою звичайно розуміють базову галузь промисловості, яка в звичайній мірі визначає прогрес суспільного виробництва. Її роль видно хоча б з того, що існує пряма залежність між **енергоозброєнням** праці, рівнем електрифікації та автоматизації процесів з одного боку, та продуктивністю праці, – з іншого. В усіх промислово розвинутих країнах темпи розвитку енергетики, у тому числі електроенергетики, випереджають темпи розвитку інших галузей промисловості. Але було б неправильним звести поняття енергетики до поняття тільки галузі промисловості. У більш широкому смислі слова та з точки зору сучасного системного підходу **під енергетикою слід розуміти сукупність природних та штучних (створених людиною) систем, призначених для виробки, перетворення, розподілу та використанню у народному господарстві енергії всіх видів.**

Якщо мова йде про електроенергію, то вся ця сукупність таких же підсистем відтворює ту галузь енергетики, яка називається **електроенергетикою** (рис. 7).

Енергетика та електроенергетика є великими системами і складаються із окремих підсистем, які пов'язані між собою так, що роздільний їх розгляд неможливий без урахування їхніх взаємних впливів та зворотних зв'язків.

Як видно із наведеного рисунка, енергетика вміщує в себе природну підсистему-біосферу (*біосфера* – простір, в якому існує все живе), яка визначає первинні джерела енергії та енергоресурси. Електроенергетика як підсистема визначає функціонування інших підсистем, а саме:

- виробки електричної енергії;
- передачі електроенергії;
- перетворення та розподілу електроенергії;
- споживання електроенергії.

Серед основних споживачів електроенергії розрізняють такі чотири групи: промисловість, сільське господарство, електрифікований транспорт, побутові прилади та пристрої. Споживання електроенергії у промисловості суттєво впливає на розвиток країни та її демографічний фактор, а споживання електроенергії у побуті звільняє людину від рутинної роботи вдома та дає йому можливість розвивати свою культуру, займатися мистецтвом, наукою.

Розвиток країни та зростання її населення вимагає подальшого збільшення виробки електроенергії, а це, у свою чергу, впливає на споживання енергоресурсів, збільшуючи його. Одночасно зростання виробки та передачі електроенергії суттєво впливає на стан біосфери, погіршує екологію.

Електричну енергію згідно з правом можна назвати основою сучасної цивілізації. Головним джерелом енергії є сонце, яке посиляє випромінювання на землю. Сонце, крім того, грає основну роль у тепловому балансі Землі.

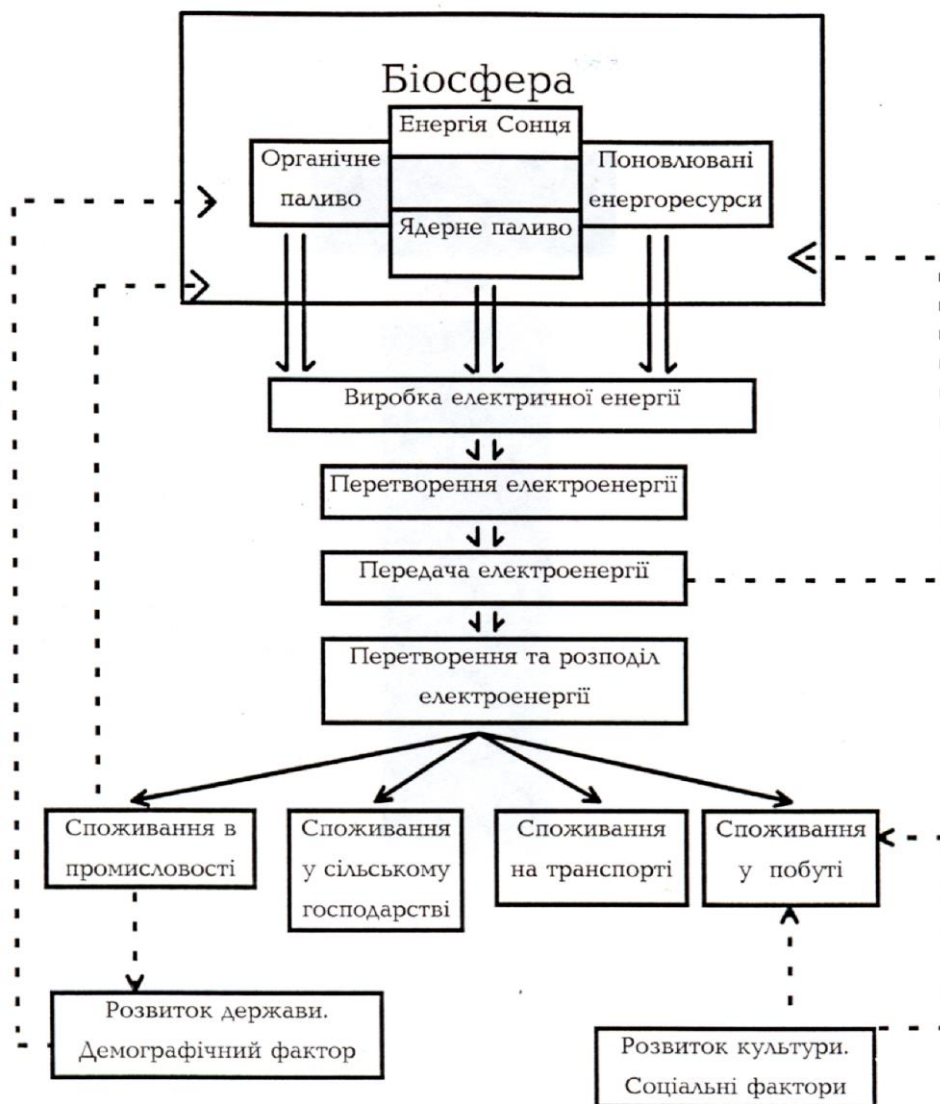


Рис. 7. Структура електроенергетики

Енергія, яка безпосередньо отримується від природи (енергія палива, води, тепла Землі, ядерна), називається первинною. Енергія, яку отримує людина після перетворення первинної енергії на спеціальних установках (електричних станціях), називається **вторинною**. До неї відноситься електрична енергія, енергія пару, енергія гарячої води та ін.

Розвиток і функціонування енергетики значною мірою залежить від соціальних (політичних та економічних) та демографічних факторів (наявність робочої сили та її чисельність, розміщення населення за регіонами та ін.)

Як показали останні події у світі, енергетика все частіше стає політичним фактором, який впливає на взаємовідносини між державами, а у багатьох випадках визначає політику багатьох держав у цілому. На підтвердження останньої тези згадаємо хоча б військові конфлікти на Близькому Сході та в Африці у кінці XX-го та на початку XXI-го сторіччя за участю найпотужніших держав капіталістичного світу.

Підсистема енергетики, яка займається виробкою, розподілом і перетворенням тепла в інші види енергії (механічну, електричну) називається теплоенергетикою.

Галузі (підсистеми) енергетики, які займаються використанням енергії вітру, водяних ресурсів та ядерної енергії називаються відповідно вітро-, гідро- та ядерною енергетикою.

Як було вже зазначено раніше, **електроенергетика являється підсистемою (галуззю) енергетики, яка забезпечує виробку перетворення, передачу, розподіл та споживання електричної енергії**. Електроенергетика є однією із найпотужніших галузей енергетики і відіграє у житті суспільства дуже важливу роль.

7.2. Значення енергетики для життя людей та науково-технічного прогресу

Щоб людина жила, вона повинна затрачувати відповідну кількість енергії. Енергія забезпечує її життєдіяльність, задовольняє потребу в харчах, житлі, одязі, комфорті. Колись первісній людині для цього було достатньо сили своїх м'язів (приблизно 0,1 кінської сили) та щоденної витрати енергії не більш як 2 – 3 ккал (8300 – 2500 Дж). Сучасна людина використовує енергії у 20 разів більше. Очікується, що у найближчому майбутньому витрата енергії виросте ще більше і у 100 разів перевищуватиме рівень потреб первісної людини.

Таким чином, енергоспоживання у світі значною мірою характеризується демографічними аспектами. Чисельність населення на землі постійно зростає. На зорі нашої ери чисельність населення землі склала 160 млн чоловік. Але вже у 900 році вона подвоїлась і склала 320 млн чоловік, а далі темпи зростання чисельності населення значно підвищилися, про що свідчать дані наведені у табл. 1.

За даними ООН кожен хвилину у світі народжується 150 чоловік, а приріст населення на землі складає 80 млн чоловік. До 3000 року населення

нашої планети стабілізується і складе 10,2 – 10,5 млрд чол. Розвиток людського суспільства тісно пов'язаний із зростанням виробництва, а це все більше і більше використання енергії.

Людство використовує у своїй діяльності різні види енергії, у тому числі: механічну, теплову, електричну та електромагнітну, хімічну та ядерну. Із всіх видів енергії електрична енергія є найбільш розповсюдженою і має цілу низку переваг перед іншими.

Якості електричної енергії дійсно унікальні.

Електроенергія легко перетворюється у будь-якій кількості в інші форми енергії, які широко застосовуються людством.

Таблиця 1 – Зростання чисельності населення Землі

Рік	Кількість населення, млрд чол.	Період подвоєння населення, роки
1820	1	107
1927	2	
1960	3	33
1975	4	15
1987	5	12
2000	6	13
2012	7	12
3000	10,2 ÷ 10,6	

Виробництво електроенергії можна легко концентрувати на електростанціях будь-яких потужностей.

При розподілі електроенергії можна дробити на будь-які «порції» від Мегават (наприклад, при виробництві алюмінію) до мікроват у комп'ютерах та засобах аудіовізуальної техніки.

Електроенергію легко у порівнянні з іншими видами енергії передавати на значну відстань.

Електроенергія володіє високою екологічною чистотою, тобто у процесі її застосування немає ніяких викидів в атмосферу.

У сучасних умовах електроенергія найбільшою мірою відповідає умовам соціально-економічного прогресу. Зараз немає ні однієї галузі господарювання людини, де вона могла б обходитися без електроенергії. Вона визначає розвиток всіх галузей промисловості, транспорту та сільського господарства. Вона забезпечує високі темпи продуктивності праці, покращує умови праці, побуту, має великий вплив на розміщення виробничих сил і значною мірою визначає рівень економічного розвитку і національного доходу суспільства.

Кількість виробленої та використаної електроенергії виражається у кіловат-годинах (скорочено кВт · год). За рівнем виробки електроенергії судять про рівень життя людей у даній країні. Чим вище виробка електроенергії, тим більше розвинута промисловість, сільське господарство, будівництво, культура та побут. Це легко довести на простому прикладі, показавши, що можна зробити, витративши лише одну кіловат-годину енергії. Одна кіловат-година, як про це свідчить статистика, дозволяє видобути 40 кг нафти, спекти 30 кг хліба, пошити 3 пари взуття, натерти 250 м² підлоги, поголити 100 чоловіків і т.ін.

Один із показників рівня розвитку промисловості, транспорту, сільсько-го господарства та рівня життя людей будь-якої країни є споживання електроенергії на душу населення на рік. Цей показник різний для різних країн. Наприклад, для Норвегії він складає 27000 кВт · год/чол. рік, для США – 12700 кВт · год/чол. рік, для України – 4000 кВт · год/чол. рік, для Індії – 420 кВт · год/чол. рік, Заір – 106 кВт · год/чол. рік.

Розвиток суспільства тісно пов'язаний із підвищенням продуктивності праці та покращенням матеріальних умов життя людей. Необхідною умовою науково-технічного та соціального прогресу є збільшення кількості енергії, яка використовується, та освоєння нових, більш ефективних її видів.

Сучасні машини та механізми вимагають великої кількості енергії і тому споживання енергії постійно росте. Це можна продемонструвати на рис. 10, де показана діаграма світового споживання енергії за останні 150 років. Споживання енергії у світі росте дуже швидко. На початку ХХ сторіччя воно подвоювалось за 50 років і в кінці сторіччя – менше, ніж за 20 років. Ця тенденція може зберегтися і у майбутньому.

Збільшення споживання енергії тісно пов'язується з розвитком цивілізації і поглибленням знань людини про оточуючий його світ, що, у свою чергу, тісно пов'язується з розвитком культури людини.

Вплив енергетики на культуру, духовний розвиток людини образно охарактеризував письменник К. Г. Паустовський, який сказав, що **зайва тона вугілля – це «лишня книжка хороших віршів, це тепло, світло, це спресована в чорному блискучому камені сила життя, сила і багатство думок та відчуття нашої епохи».**

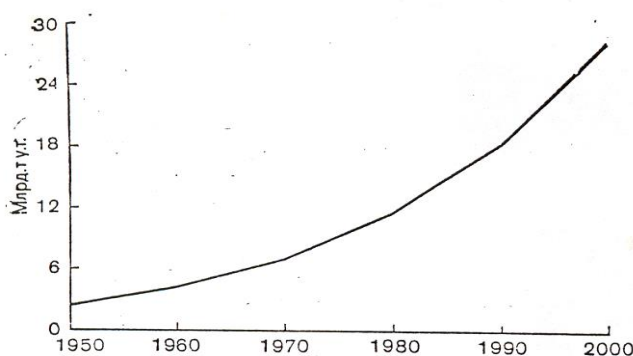


Рис. 8. Зростання загального світового споживання первинної енергії

Це дійсно так, бо забезпечення суспільства енергією – це та основа, яка дає змогу людям створювати нову техніку, займатися наукою та мистецтвом, літературою та всім тим, що складає зміст культури.

Як бачимо із всього зазначеного вище, саме енергетика, і, у першу чергу, електроенергетика, є основою науково-технічного та суспільного прогресу.

Сучасний період розвитку техніки прийнято починати науково-технічною революцією, бо він якісно відрізняється від попередніх етапів її розвитку. Якісна відміна цього полягає, у першу чергу, в величезному розвитку виробничих сил, створенні технічно досконалих, принципово нових, оздоблених високоякісними засобами автоматики та комп'ютерної техніки засобами праці. Саме вони дають змогу людям удосконалювати вже існуючі та створювати принципово нові технології виробництва, виготовляти такі установки, прилади та засобами, які дають людям змогу покидати землю і досліджувати космічні далі з надією знайти і встановити контакти з такими ж розумними істотами, які ми самі, і які, можливо, розміщуються на інших планетах та в інших галактиках.

Але **енергія – це і проблема нашого часу**. Із числа фундаментальних проблем, без рішення яких людство не зможе у майбутньому продовжувати вдосконалювати техніку, створювати більш потрібну промисловість, а разом з ними і більш високий життєвий рівень, є проблема забезпечення достатньої кількості енергії.

Ця проблема тим складніша, що вона не носить чисто технічний характер, а глибоко впливає на ситуацію в окремих країнах, суттєво впливаючи на життєвий рівень і культуру населення цих країн, створює основу їхньої внутрішньої та зовнішньої політики. Країни з недостатніми енергетичними ресурсами прикладають всіх зусиль, щоб забезпечити себе джерелами енергії хоча б на мінімальному рівні. Нафтові монополії, користуючись тим, що нічим замінити видобуту ними нафту, отримують величезні прибутки, весь час намагаються захопити чужі нафтові промисли та захистити свої. Звідки ж брати енергію, багато енергії, кожен день все більше енергії?

Відповідь на це питання, з визначеною долею достовірності, на основі історичного досвіду та досягнень науки, техніки та людських відносин, можна прогнозувати оптимістично. Підставою є те, що в історії розвитку світової енергетики чітко просліджуються декілька таких криз. Так, у ХУІІІ столітті – гідро- і вітроенергетика виявились нездатними задовольнити зростання потреб у механічній енергії. У результаті цього було створено паровий двигун. У ХІХ столітті виникла криза існуючого засобу передачі механічної енергії від її отримання до споживачів. Це направило творчість винахідників на розробку нових методів передачі енергії, серед яких найкращим виявився електричний.

У другій половині ХХ століття виникла криза енергетики, яка пов'язана з обмеженням ресурсів організаційного палива і недостатністю водяних ресурсів при зростаючому споживанні енергії. Це стимулювало вчених та інжене-

рів зосередити свої зусилля на пошуки широкого використання ядерної енергії. Кінець XX і початок XXI століття знаменуються новими кризовими явищами в енергетиці та суспільстві в цілому. Ця криза більш глобальна у порівнянні з попередніми, оскільки на земній кулі загострились проблеми, які викликані різким скороченням запасів органічного палива та загрозою зміни клімату на планеті через збільшення викидів в оточуюче середовище енергетичними установками. З такою складною проблемою людство і ввійшло в XXI століття.

7.3. Поняття енергетичного менеджменту

Україна належить до енергодефіцитних країн, яка задовольняє свої паливно-енергетичні потреби за рахунок власних ресурсів менш ніж на 50 %. Енергоемність валового внутрішнього продукту в Україні нині більш ніж удвічі вища енергоемності такого продукту промислово розвинених країн і продовжує зростати.

Тому стратегічною лінією державної політики розвитку економіки та соціальної сфери стає підвищення енергозбереження, що дає високу економічну ефективність.

Ця політика реалізується шляхом розробки нових енергозберігаючих, маловідходних та безвідходних технологій; ефективних систем та засобів контролю за енергоспоживанням та захисту довкілля від забруднення, організації інтегрованого енергетичного та економічного менеджменту.

Впровадження такої політики є неможливим без наявності фахівців у сфері енергозбереження, які можуть розробляти та впроваджувати напрями розвитку суспільства та економіки, спрямовані на стабілізацію та зменшення споживання енергії. Тому система підготовки інженерно-технічних та наукових кадрів повинна бути орієнтована на такий розвиток енергетики та виробництва майбутнього, які забезпечують оптимальні обсяги генерації, розподілу та споживання енергії.

Цим вимогам має відповідати фахівець з енергетичного менеджменту. Для цього він повинен мати широку фундаментальну, наукову і практичну підготовку, глибокі знання з основ енергетики; вміти приймати оптимальні управлінські рішення з ефективного енергоспоживання, використовувати прогресивні методи прогнозування, планування, обліку, контролю та аналізу енергоспоживання виробничих систем; здійснювати консалтингові послуги щодо розроблення та впровадження програм енергозбереження і запуску системи енергетичного менеджменту; вміти проводити інспекторську перевірку, експертизу та енергетичний аудит виробничих систем з питань енергетичної ефективності, комплексного вивчення енергетичного ринку; оцінки і формування енергетичної політики; володіти основами ринкової економіки і економічної стратегії, економічним мисленням, здібністю до ділового спілкування, підприємництва та комерційної діяльності; володіти навичками виховної та організаторської роботи.

Менеджмент з енергозбереження – це система управління, яка забезпечує роботу суб'єкта господарювання, при якій споживається тільки необхідна для виробництва кількість палива і енергії.

Система енергетичного менеджменту – частина загальної системи управління підприємством, яка включає в себе організаційну структуру, функції управління, обов'язки та відповідальність, процедури, процеси, ресурси для формування, впровадження, досягнення цілей політики енергозбереження.

7.4. Енергетичний менеджмент як частина загального менеджменту

Згідно з класичним визначенням управління (управлінська діяльність, менеджмент) – це процес планування, організації, мотивації та контролю, необхідний для того, щоб сформулювати та досягнути цілей організації, якою управляють.

Основною метою менеджменту є місія менеджменту, інші цілі виступають як додаткові.

Менеджери (люди, які займаються управлінською працею) займають посади керівників організаційних підрозділів та виконують управлінські функції, які класифікуються на три категорії: міжособові ролі, інформаційні та ролі з прийняття рішень.

Умовою цивілізації людства завжди було і є використання енергії. У процесі розвитку людство потребує все більшу кількість енергії. Однак запаси традиційних видів енергетичних ресурсів обмежені, причому протягом часу ступінь обмеження зростає. Організація раціонального енергоспоживання з мінімальним екологічним впливом при економному використанні первинних енергоресурсів та розумно достатньому задоволенні технологічних та побутових потреб у всіх видах та формах енергії стає загальною турботою людства.

Таким чином, виявляється найважливіша проблема – проблема енергозабезпечення та раціонального енергоспоживання, рішення якої є безперервний динамічний процес, який потребує узгоджених одночасних дій усіх держав, організацій та окремих людей, та який включає як технічні, так і соціально-економічні аспекти. Рішення цієї проблеми складає основну суть та мету енергетичного менеджменту.

Ця галузь акумулює багатовіковий досвід та прогрес людства з використання енергії та досягнення сучасного менеджменту як сформованої системи теоретичних знань, практичних методів та інструментарію управління.

Зародившись в індустріально розвинутих країнах Західної Європи, в Японії, США в 1960-70-хх як результат подолання енергетичної кризи, активно розвивається сьогодні в Україні для нових соціально-економічних умов, нова самостійна система – синтез гуманітарних та технічних знань та досвіду – енергетичний менеджмент формується на стику менеджменту та технологій. Причому, оскільки енергоспоживання – технічна основа будь-якого те-

хнологічного процесу, то слід мати на увазі знання та досвід, акумульований в усіх галузях економіки.

Виходячи з усього сказаного можна дати ще одне визначення. **Енергетичний менеджмент** – методологічна наука з практичним інструментарієм для здійснення процесу управління використанням енергії, тобто планування, організації (впровадження), мотивації, контролю оптимального використання усіх видів та форм енергії при доцільному задоволенні потреб людини (організації) та мінімальному негативному впливі на оточуюче середовище.

При визначенні енергетичного менеджменту виявляються усі елементи процесу управління: планування, організація, мотивація, контроль, – які присутні в визначенні загального менеджменту та формулюється мета енергетичного менеджменту, яка є проміжною метою місії загального менеджменту, – задоволення потреб організації в енергії при мінімумі негативного впливу на оточуюче середовище. Таким чином, енергетичний менеджмент слід розглядати як складову частину і обов’язковий елемент менеджменту.

Запитання для самоперевірки

1. Дайте визначення енергетики як системи і охарактеризуйте призначення її окремих складових.
2. Дайте визначення електроенергетики.
3. Охарактеризуйте коротко значення енергетики для життя людей.
4. Яке значення має енергетика для науково-технічного прогресу?
5. Дайте визначення поняття «Менеджмент з енергозбереження».
6. Дайте визначення поняття «Система енергетичного менеджменту».

8. ЕНЕРГІЯ. ЇЇ ВИДИ ТА ДЖЕРЕЛА ЇЇ ОТРИМАННЯ

8.1. Визначення енергії

Згідно з уявленням фізичної науки **енергія – це здатність тіла або системи здійснювати роботу**. Існують різні класифікації видів і форм енергії: механічна, електрична, електромагнітна, теплова, хімічна, атомна.

Більше ста років тому були встановлені **два фундаментальні закони фізики**. Перший з них – закон збереження енергії: енергія не може бути знищена або отримана ні з чого, вона може лише переходити з одного виду в інший.

Окремим випадком закону збереження енергії є 1-й закон (початок) термодинаміки. Він встановлює взаємну перетворюваність усіх видів енергії: тепло Q , передане неізолюваній системі, витрачається на збільшення її внутрішньої енергії ΔU і здійснення нею роботи A проти зовнішніх сил:

$$Q = \Delta U + A.$$

Усі процеси в природі підкоряються дії цього закону. Цей закон забезпечує нам просте вирішення проблеми браку енергії у майбутньому. Бережіть енергію і використовуйте її повторно, перетворюючи на ту форму, яка нам потрібна.

Другий закон енергії пояснює, чому це все не так просто.

Чому рухається автобус, автомобіль? Частка хімічної енергії палива перетворюється в їх двигунах у кінетичну енергію і використовується для розгону і руху. Ми називаємо це корисною енергією або роботою. Енергія (враховуючи 1-й закон), що залишилася, у вигляді теплової переходить у навколишнє середовище. Ми називаємо цю частку енергії енергетичними втратами.

Цей спрощений приклад демонструє іншу властивість енергії: кожного разу, коли енергія переходить з однієї форми в іншу, тільки частка її використовується з користю, а остання втрачається і переходить у вигляді тепла у навколишнє середовище. Величина корисної частки може бути різною і залежить від форми енергії і технології, що використовується.

Не всі форми енергії для нас, споживачів, рівноцінні: у них різна енергетична якість. Що це означає? Спробуємо оцінити якість енергії або її енергетичну цінність для нас. Порівняємо однакові кількості електричної і теплової енергії. Першу ми можемо використовувати і для освітлення, і обігріву, і для здійснення механічної роботи. Друга більш придатна тільки для обігріву, і при цьому значна її кількість під час передачі на відстань безповоротно втрачається. Чим більшу частку певного виду енергії можна використовувати для корисної роботи, тим вище якість цього джерела енергії. Ось чому в наведеному нами прикладі якість електричної енергії вища, ніж теплової. Другий закон формулюється так: високоякісна енергія здатна перетворюватися на низькоякісну з малими втратами, але зворотне перетворення неможливе. Цей закон отримав назву 2-й закон термодинаміки. З нього витікає, що неможливо створити машину, яка повністю перетворювала б певну кількість теплової

енергії на корисну роботу. Коли енергія у певній кількості перетворюється на іншу форму енергії, якість енергії знижується.

З далеких історичних часів розвиток цивілізації і технічний прогрес супроводжуються швидким зростанням споживання енергії і безпосередньо пов'язані з кількістю і якістю енергоресурсів, що використовуються.

З поняттям «якість енергії» безпосередньо пов'язана сутність поняття «енергозбереження». З погляду законів термодинаміки, «енергозбереження» внутрішньо суперечливо, оскільки зберігати енергію немає необхідності, це робить природа відповідно до закону збереження енергії. Зберігати потрібно працездатність енергії або ексергію, яка є мірилом її якості, – енергетичної ефективності кожного виду енергії.

8.2. Сонце – основне джерело енергії біосфери

О – солнце, ты – живот и красота природы,
Источник вечности и образ божества!
Тобой жива земля, жив воздух, живы воды,
Душа времен и вещества!

А. Сумароков

Слова славнозвісного російського поета ХУІІІ сторіччя Олександра Сумарокова дуже вдало визначили значення Сонця для всього живого, що є на Землі. Але ж дійсно сонце пронизує і повітря і води, обумовлює коловорот речовин, завдяки чому і виникло життя на землі. Кажучи про Сонце, як душу часів, поет дуже образно визначає Сонце, як душу всіх минулих геологічних періодів, що відбулися на Землі, тобто душу історії людства. А що до краси природи, то хіба ж можна уявити собі всю цю красу без сонячного сяйва.

Кажучи науковою мовою, Сонце є головним джерелом енергії біосфери, та й взагалі, всієї Сонячної системи.

Дамо деякі відомості про Сонце, як планету нашої системи, та про процеси, які відбуваються на ньому. [1] Сонце віддалене від Землі на відстань $1,496 \cdot 10^{11}$ м. Радіус Сонця в 109 разів більший за радіус Землі і складає $6,96 \cdot 10^8$ м. Маса Сонця $m_0 = 1,99 \cdot 10^{20}$ кг, а прискорення вільного падіння на поверхні Сонця $g_0 = 274 \text{ м}^2/\text{с}^2$, що у 30 разів більше земного. Однак середня щільність Сонця складає всього $1,41 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, що значно менше ніж щільність речовин Землі, яка складає $5,52 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Причина цього полягає в тому, що молекулярна маса сонячного газу дуже низька, а, крім того, температура Сонця дуже висока і складає 5780° К .

Така висока температура Сонця визначає те, що його найбільша енергія випромінюється саме у тій ділянці спектра, до якого найбільш сприятливе наше око, а саме у діапазоні хвиль від 400 до 800 Н. Останнє можна пояснити тим, що зір живих істот протягом довгого еволюційного періоду пристосувався до найбільш яскравого спектра світла.

За кількістю атомів Сонце на 91 % складається із водню, майже на 9 % із гелію, а інші елементи присутні у дуже малій кількості. Дуже цікавим нау-

ковим фактом є те, що гелій спочатку був відкритий саме на Сонці за характерними темними лініями спектра сонячного сйва. Це відкриття належить німецькому оптику минулого сторіччя Йозефу Фраунгофену.

Сонячна радіація – це енергія атомів водню, яка виділяється при термоядерному процесі.

За розрахунками вчених в надрах Сонця кожен секунду витрачається біля 500 млн т водню, який перетворюється у гелій, але це дуже мало у порівнянні з велетенською масою світила. Запасу водню Сонця повинно вистачити на термін не менше 10 млрд років. Причому за цей час за рахунок перетворення водню у гелій Сонце втратить лише біля 0,07 % своєї маси.

Таким чином, енергетична криза Сонцю не загрожує ні у найближчому, ні у далекому майбутньому. А повільне горіння пояснює і той факт, що Сонце має вік 5 млрд років, може розглядатися як ще молоде, повне водневої енергії.

Повний запас теплової енергії Сонця дорівнює $3 \cdot 10^{41}$ Дж. Кількість енергії, яка поступає від Сонця на одиницю поверхні Землі, практично не змінюється у часі, тому вона отримала назву сонячної постійної, яка дорівнює $1,36 \cdot 10^3$ Вт/м². Кожну секунду сонце випромінює енергію, яка дорівнює $3,83 \cdot 10^{26}$ Вт. Ця величина називається світимістю Сонця. Якщо її розділити на площу поверхні, то можна отримати щільність потоку випромінювання, або, як кажуть, яскравість Сонця, яка дорівнює $6,26 \cdot 10^7$ Вт/м². Тобто енергії, яка випромінюється Сонцем за секунду, досить, щоб за годину розтопити і довести до кипіння 2,5 млрд км³ льоду, тобто шару льоду навколо Землі товщиною більше як 1000 км.

Але ж льодова шапка Землі на полюсах все ж не тане. Так у чому ж справа? Справа у тому, що на Землю падає лише половина міліарної долі всього сонячного випромінювання, а інша його частина на різних висотних рівнях повністю поглинається атмосферами різних планет.

І все ж світова потужність, яка доходить до Землі, величезна $1,75 \cdot 10^{17}$ Вт. Куди ж вона дівається ця енергія? По-перше, частина її безпосередньо віддзеркалюється Землею у космос. Цікаво, що світло відображене Землею, за кольором не співпадає зі спектром джерела, бо червоні промені атмосфера Землі та океан поглинають краще ніж сині. Ось тому наша планета із космосу виглядає блакитною. Доля відображеної світлової енергії називається альбедо (від латинської *albus* – білий) і позначається буквою *A*. Останні дослідження та розрахунки вчених показують, що Земля віддзеркалює у космос біля третини отриманої енергії Сонця, тобто $A = 28$ %. Причому слід зазначити, що тепло у космос випромінює не сама поверхня Землі, а її атмосфера.

8.3. Енергетика життя

Як ми вже сказали раніше, біосфера – це простір, де міститься все живе (на Землі та біля неї). Всьому живому населенню біосфери для життя потрібні органічні речовини та розміщена у них енергія. Саме цим і забезпечують його організми, які називаються автотрофи. Для них головним джерелом енергії і є енергія сонячної радіації, яка асимілюється у процесі фотосинтезу рослинами.

Із загальної кількості випромінюваної Сонцем енергії, Земля отримує лише невелику її кількість всього $21 \cdot 10^{23}$ кДж. Із цієї кількості рослини щорічно запасують не більш $20,9 \cdot 10^{22}$ кДж, тобто енергетичний вихід фотосинтезу не перевищує 2 %. За рахунок асимільованої енергії Сонце щорічно продукується близько $2,32 \cdot 10^{11}$ живої речовини.

Кількість сонячної радіації, яка приходить до верхнього кордону атмосфери Землі, неоднакова у різних місцях і залежить від широти. Серед факторів, які впливають на кількість радіації, яка приходить на Землю, слід назвати наявність хмарності, запиленості повітря. Частина радіації, що приходить на Землю і уходить назад в атмосферу. Кількість такої радіації залежить від віддзеркалюючої здатності поверхні. Сніг віддзеркалює до 80 % сонячної радіації, трав'яниста поверхня – 20 %, а чорноземи та інші темні ґрунти – 10 %.

У процесі фотосинтезу асимілюється невелика частина сонячної енергії, яка складає тільки 2 %. Її називають коефіцієнт корисної дії фотосинтезу (ККДФ). Максимальним ККДФ володіють лісова рослинність (2 – 3,5 %), а трав'янисті культури включають і сільськогосподарські (1,0 – 2,9 %).

Рослини під час фотосинтезу щорічно споживають біля 170 млрд т двоокису вуглецю (біля 18 – 22 % всього CO_2 , який знаходиться в атмосфері), а виробляє при цьому 115 млрд т кисню.

У цілому в зелених тканинах листа рослин здійснюється два паралельно протікаючи, але протилежних процеси – фотосинтез та дихання. Під час фотосинтезу утворюється органічна речовина і накопичується енергія. При диханні частина накопиченої органічної речовини та енергії розходиться. Біомаса екосистеми росте, якщо процес накопичення речовини перебільшує процес дихання.

У водяних масах товща води перешкоджає проникненню сонячних променів і тому ККДФ водяних організмів найнижчий.

У будь-якій органічній речовині асимілюється деяка кількість енергії. Однак кількість органічної речовини непропорційна накопиченій енергії. Так, одна тонна сухої речовини рослин у середньому містить 18,7 кДж енергії, насіння рослин більш багаті на білки та жири, тому і їхній енергетичний потенціал більший – 20,0 кДж. Ще вище він у м'ясі худоби – 23,5 кДж. Таким чином атмосферні механізми створюють, так би мовити, первинну продукцію. Так 1 га соснового лісу здатний створити 200 м³ деревини, яка буде зберігати у собі відповідну енергію.

Але ж крім автотрофів є багато організмів, які не здатні асимілювати енергію і повинні користуватися нею безпосередньо через органічні речовини, створені фотосинтетиками. Створюються так звані трофічні ланки, в яких відбувається передача органічної речовини і накопиченої енергії від одного організму до іншого. Прикладом такої ланки може бути таке: осина – заєць – лисиця; або ж – трава – комахи – жаби – змії – хижі птахи та ін. Відповідно до другого закону термодинаміки у трофічних ланках відбувається розсіяння енергії, яка для стійкості екосистеми компенсується постійним поступленням енергії від сонця та її матеріалізації виробниками-автотрофами.

А як же бути з людиною? Де ж вона дістає енергію для свого життя?

Дійсно, у силу своїх біологічних властивостей людина не може перетворитися в істоту автотрофну, тобто поглинати та переробляти сонячну енергію, тому вона змушена шляхом застосування засобів виробництва виробляти необхідні для її споживання органічні та неорганічні речовини. Але людство у майбутньому зможе здійснювати так званий автотрофний засіб виробничої діяльності. Тобто теоретично можливо отримання людської енергії та синтезованої їжі безпосередньо від Сонця без використання інших організмів. Це означає, що людина у майбутньому все більше буде використовувати не високомолекулярні природні органічні з'єднання, а буде синтезувати білки, жири, вуглеводи та інші життєво необхідні речовини із низькомолекулярних і навіть окремих елементів. Доказом цього є хоча б ті наукові дослідження для отримання рослиноподібної їжі у процесі штучного фотосинтезу. Крім того, кажучи про людину, не слід забувати, що вона теж є ланкою багатьох трофічних ланок.

Цікаво, як ми вже казали, що при фотосинтезі автотрофами асимілюється лише незначна частина сонячної енергії, яка досягає Землі. Тоді постає питання, а куди діваються залишки цієї енергії?

Вчені довели, що для того, щоб існували ці організми, треба забезпечити відповідні умови середовища. Тому значна частина невикористаної сонячної енергії саме і витрачається на створення таких умов, які не тільки б сприяли існуванню самих організмів, але й суттєво впливали на протікання у них фотосинтетичних реакцій.

Якщо скласти вираз енергетичного балансу біосфери, то приблизний його вираз може бути таким.

$$\sum E_q = \sum E_A + \sum E_v + \sum E_N ,$$

де E_0 – величина сонячної радіації, яка досягає поверхні землі; $\sum E_A$ – сумарна фотосинтетична асиміляція сонячної радіації автотрофами; $\sum E_v$ – сумарна сонячна радіація, яка забезпечує умови існування та життєдіяльність автотрофів та інших організмів (круговорот води, нагрівання атмосфери, водяних мас та ґрунту та ін.); $\sum E_N$ – сумарна сонячна радіація, яка використовується для зміни середовища (енергія водяних та повітряних потоків, вивітрювання та ін.).

Характерною рисою енергетики біосфери є постійне накопичення запасів енергії в ній. Основним способом накопичення є консервація енергії у вигляді покладів горючих корисних копалин. За грубими розрахунками у цих покладах сконцентровано більш як 10^{13} т органічної речовини, а у розсіяному вигляді є ще $3,5 \cdot 10^{15}$ т (Вассоєвич та ін. 1976). Енергія, яка накопичена в опадах гірських порід оцінюється приблизно у $1,5 \cdot 10^{28}$ Дж.

І на кінець цього параграфу слід зауважити, що крім прямої сонячної радіації, слід розрізняти сонячну енергію, накопичену при створенні гірських порід та корисних копалин. Яскравим прикладом цього є горючі корисні копалини (торф, буре та кам'яне вугілля, антрацити, горючі сланці, природні

горючі гази, нафта). Все це представляє, так би мовити, «сонячні консерви», які у техніці отримали назву енергетичних ресурсів. Однак на відміну від прямої сонячної радіації їхні запаси обмежені і потребують дуже бережливого до них відношення.

8.4. Енергетичні ресурси та їх світові запаси

Вироблення електроенергії тісно пов'язано з переробкою та використанням природних джерел енергії, які отримали назву енергетичних ресурсів. Види енергоресурсів показані на рис. 9.

До непоновлюваних енергоресурсів відносяться такі, для яких тепер нема джерел поповнення. Вони створювалися під впливом змінних умов розвитку землі протягом багатьох мільйонів років. Ці ресурси суттєво зменшуються у зв'язку з їх інтенсивним використанням.

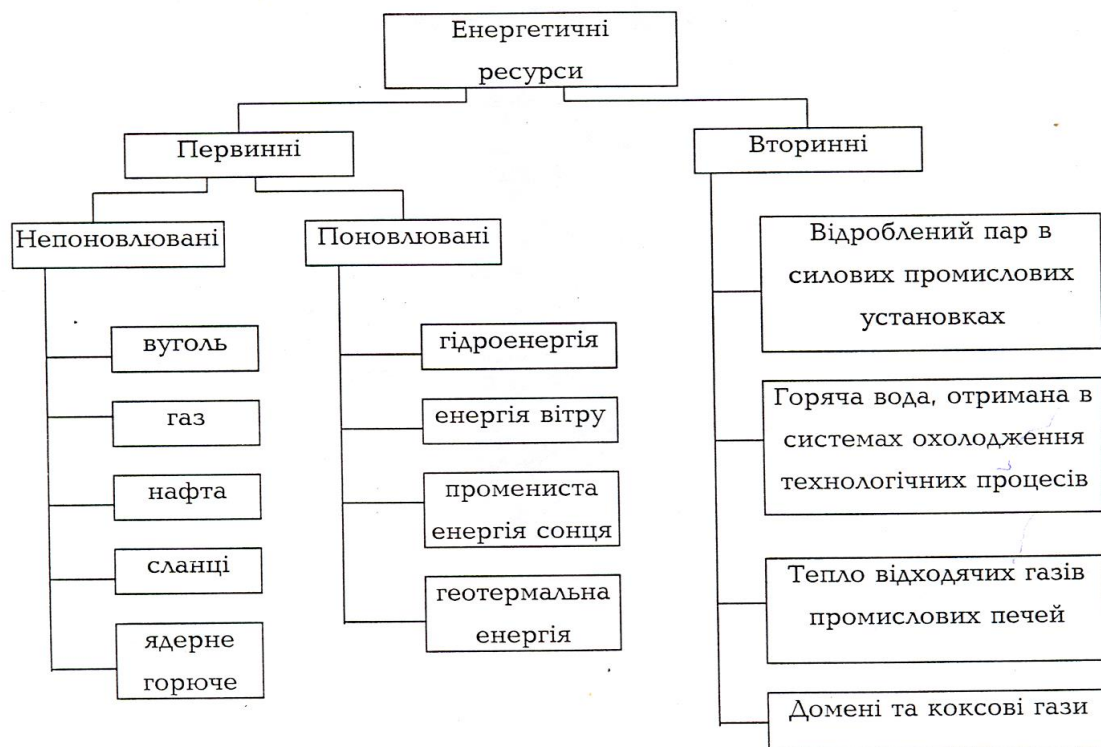


Рис. 9. Види енергетичних ресурсів

Поновлювані енергоресурси постійно відтворюються. Як видно із рисунка, до них відносять енергію повітря, енергію потоків води, які рухаються, променисту енергію сонця та енергію теплих джерел, які виходять з-під землі або знаходяться під її поверхнею. Без енергоресурсів – немає електроенергії. Але як оцінити їхні запаси і виявити чи надовго їх вистачить людству?

Як видно із наведеного вище рисунка, фізична природа первинних енергоресурсів дуже різна. Вугілля, сланець та торф визначаються у кілограмах та тонах, а нафта та газ – у кубічних метрах. Разом з тим для прогнозування виробки електроенергії необхідні такі методи оцінювання їхніх запасів, які б давали можливість підсумовувати їх енергетичний потенціал. Для оцінки запаса-

сів та витрати органічних енергоресурсів (вугілля, нафта, газ, сланці) введено поняття умовного палива, за яке прийнято таке паливо, яке має теплоту спалювання 7000 ккал/кг або 29300 кДж/кг.

Будь-який вид органічного палива може бути приведений до умовного шляхом такого простого перерахунку.

$$B_{\text{ум}} = \frac{B_{\text{нат}} Q_{\text{нат}}}{29300 \cdot 10^3}$$

де $B_{\text{ум}}$ – еквівалентна кількість умовного палива у тонах (т); $B_{\text{нат}}$ – кількість натурального (природного) палива, вираженого у відповідних одиницях (кг, т, м³); $Q_{\text{нат}}$ – теплота спалювання натурального палива у кДж/кг.

Умовне паливо оцінюється у тоннах і скорочено записується як т.у.п. (тонни умовного палива).

Геологи установили, що загальний запас органічного палива на землі складає 10^{13} т.у.п., а такого, яке можна видобути – $5 \cdot 10^{12}$ т.у.п. Зараз на землі щорічно споживається $10 \cdot 10^9$ т.у.п.

Таким чином, при сьогоденних темпах споживання органічного палива людям його вистачить на 500 років.

Якщо ж, як очікується, споживання енергії подвоїться, то видобуваємих запасів непоновлюваних енергоресурсів людству вистачить лише на 250 років! Виявивши це, світ почав наполегливо шукати нові джерела енергії, бо як сказав у 1964 р. Гомі Баба «Ніякий вид енергії не обходиться так дорого, як його нестача».

Нижче наведені світові запаси непоновлюваних енергоресурсів.

Таблиця 2 – Світові запаси непоновлюваних енергоресурсів

Вид енергоносія	Енергоносії	Запаси
Органічне паливо	Вугілля кам'яне	15 трлн т
	Вугілля буре	2,5 трлн т
	Нафта	110 млрд т
	Газ	900 трлн т
	Горючі сланці	450 млрд т
	Бітумінозні піски та сланці	800 млрд т
Ядерне паливо	Уран	70 млн т
	Торій	450 тис т
	Дейтерій	1011 кВт · г

Ця таблиця не повинна настроювати читача на песимістичний настрій. По-перше, треба мати на увазі, що наведені у таблиці числа досить приблизні і з часом змінюються на більш високі. Так, у 1930 році ресурси нафти оцінювалися в 5,4 млрд т, у 1937 році ця цифра зросла до 7,0 млрд т, у 1950 році до 10,6 млрд т, у 1960 році складала біля 40 млрд т, а вже у кінці 60-х років – 60 – 70 млрд т. Зараз, як бачимо з таблиці, вона складає більш ніж 100 млрд т.

До того ж, треба мати на увазі, що з розробкою нових технологій та технічних засобів добування корисних копалин підвищується доля видобуваної корисної копалини. збільшуються глибини, з яких вона видобувається, знижуються концентраційні межі корисних копалин, економічно вигідних для їх добичі з руд і т. ін.

По-друге, як видно із таблиці 2, освоєння ядерної, а в подальшому і термоядерної енергії, суттєво вплинуть на уявлення про можливі терміни вичерпання не поновлюваних енергоресурсів. А крім того прогнози показують, що в більш віддаленому часі можуть бути знайдені принципово нові джерела енергії – енергії вакууму та квантів, існування яких передбачає квантова теорія

До твого відому, мій шановний молодий друже, сумарні запаси горючих копалин на Україні складають 94 млн т.у.п., а для покриття потреб енергетики країни потрібно 300 млн т.у.п. Виникла гостра потреба в імпорті енергоресурсів, що пов'язано з великими фінансовими затратами. При вартості однієї тони нафти – 120 доларів, газу – 80 доларів за 1000 м³ загальні витрати на імпорт енергоносіїв повинні скласти 15,6 млрд доларів на рік, що складає шосту частину сьогоднішнього сумарного бюджету країни.

9. ВИРОБЛЕННЯ ЕНЕРГІЇ

Як ми вже говорили, будь-яке перетворення енергії пов'язано з втратами енергії у формі, яку можна було б використовувати з користю. Здібність до перетворення на інші види визначає термодинамічну якість певного виду енергії. Але не лише цим визначається корисність енергії. При виборі джерела енергії необхідно врахувати його властивості, вартість, зручність перетворення на необхідну корисну енергію і вплив його використання на навколишнє середовище. Можна використовувати для своїх потреб як первинні джерела енергії (які не піддавалися обробці: нафта, газ, вугілля), так і вторинні – електрична енергія, тепло (для отримання яких необхідно перетворювати первинні джерела).

На сьогоднішній день існує ряд способів перетворення первинних джерел енергії у теплову і електричну. Вони, у свою чергу, поділяються на традиційні способи (є традиція використання даного способу перетворення), а також нетрадиційні (використовуються не так давно).

Перетворення первинної енергії у вторинну (електричну і/або теплову) традиційно здійснюється на електричних станціях, які у своїй назві містять вказівку на те, який вид первинної енергії в який вигляд вторинної перетворюється на них:

ТЕС – теплова електрична станція перетворює теплову енергію в електричну;

ГЕС – гідроелектростанція перетворює механічну енергію руху води в електричну;

ГАЕС – гідроакumuлююча станція перетворює механічну енергію руху заздалегідь накопичену у штучному водоймищі води в електричну;

АЕС – атомна електростанція перетворює атомну енергію ядерного палива в електричну.

В Україні діють електричні станції всіх вище перелічених видів. Більше 40 % енергії виробляється на АЕС, 50 % – на ТЕС, 10 % – на ГЕС і ГАЕС.

Крім того, теплова енергія централізовано може вироблятися не лише на електричних станціях, вона може вироблятися також і в котельних.

Для кожного типу електростанції існує своя технологічна схема перетворення первинної енергії в електричну, а в окремих випадках і для отримання теплової енергії. Ця схема визначає послідовність процесів перетворення енергії, основне та допоміжне обладнання, яке бере у цьому участь. Кожен вид обладнання має свої номінальні параметри, які визначають можливість його довгочасної та надійної роботи.

9.1. Синхронні генератори

Для виробки електроенергії на сучасних електричних станціях найчастіше застосовуються синхронні генератори трифазного змінного струму. Вони поділяються на **турбогенератори**, які приводяться в обертання паровими або газовими турбінами, та **гідрогенератори**, у яких приводом служить гідралічна турбіна.

Для обох видів генераторів у нормальному режимі суворо виконується відповідність між їх частотою обертання n (хв⁻¹) та частотою електричної мережі f (Гц). Ця залежність записується так:

$$n = \frac{60f}{p},$$

де p – кількість пар полюсів обмотки статора генератора.

Парові і газові турбіни, які приводять до обертання турбогенератори, мають значні частоти обертання 3000 и 1500 хв⁻¹.

Величина хв⁻¹ відповідає кількості обертів агрегату в хвилину.

Виходячи з того, що нормальна частота електричного струму в електричних мережах складає 50 Гц, легко підрахувуючи, що синхронні турбогенератори теплових електричних станцій мають два полюси на статорі. На АЕС у деяких випадках частота обертання генераторів складає 1500 хв⁻¹, а це значить, що такі генератори мають чотири полюси.

Турбогенератори виконуються з горизонтальним валом. **Конструктивно турбогенератор має дві основні частини: нерухому – статор, і рухому, що обертається всередині статора, – ротор.** На нерухомій частині розташована трифазна обмотка змінного струму, яка закладена у пази заліза статора, яке складається із окремих тонких пластин електротехнічної сталі (рис. 10, *а*).

На роторі генератора розташована **обмотка збудження**, на яку подається постійний струм від спеціальних пристроїв, які називаються **збуджувачами**. Ротор турбогенератора представляє собою циліндр (рис.10 *б*), виконаний із сталі високої міцності (так звана «бочка ротора»). Вздовж циліндра ротора профрезовані пази, в які закладена обмотка збудження, виготовлена із лужної міді, полоси якої ізолюються від сталених частин ротора за допомогою мікалентної ізоляції.

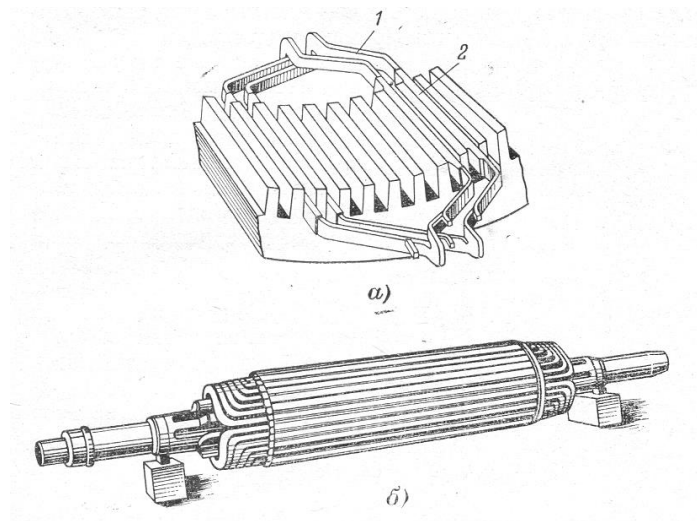


Рис. 10. Складові частини генератора

а – сегмент статора генератора з елементами обмотки, *б* – ротор турбогенератора

Для того щоб при високій швидкості обертання під дією центробіжних сил полюси не переміщались, у пазах їх закріплюють металевими клинами. Загальний вигляд сучасного турбогенератора та його складової показано на рис. 11.

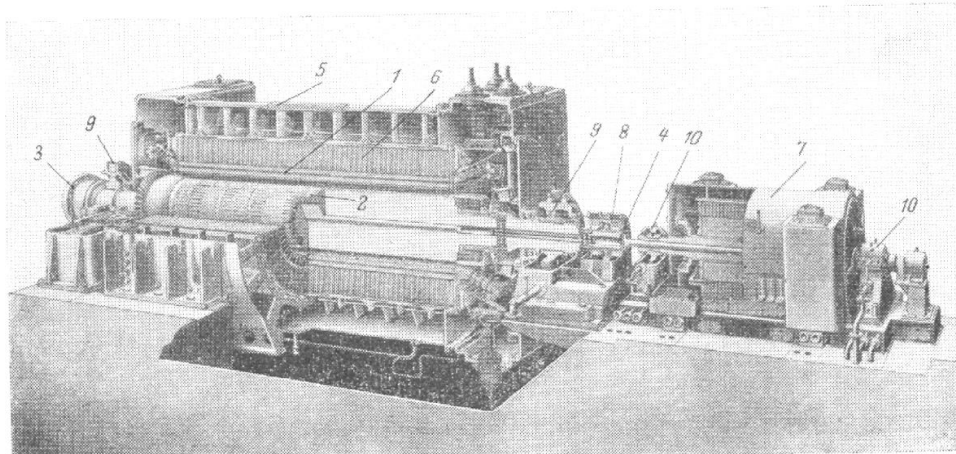


Рис. 11. Загальний вигляд сучасного турбогенератора

1 – обмотка статора; 2 – ротор; 3, 4 – з'єднувальні муфти; 5 – корпус статора; 6 – сердечник статора; 7 – збуджувач; 8 – контактні кільця ротора і щітки; 9 – підшипники генератора; 10 – підшипники збуджувача

Гідравлічні турбіни мають здебільше відносно малу частоту обертання ($60 \div 600 \text{ хв}^{-1}$). Частота обертання тим менша, чим менше напір води і чим більше потужність турбіни. Через все це гідрогенератори є тихохідними машинами і мають великі розміри, а також велику кількість полюсів. Вони мають явнополюсні ротори (рис. 12) і переважно вертикальне розташування валу. Діаметри роторів потужних гідрогенераторів досягають $14 \div 16$ м, а діаметри статорів $20 \div 22$ м. Котушки обмоток збудження закріплюються на полюсах.

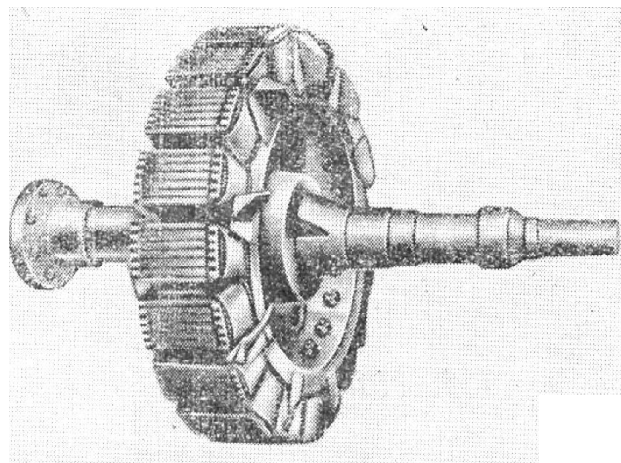


Рис. 12. Явнополюсний ротор гідрогенератора

Статор гідрогенератора нічим не відрізняється від конструкції статора турбогенератора. На відміну від останнього він виконується роз'ємним, бо через його великі габарити його дуже важко транспортувати. І тому він розді-

ляється на однакові частини (від 2 до 6), що дозволяє перевозити його до місця будівництва ГЕС на спеціальних платформах поїздів, або за допомогою автотранспорту. Сучасний вертикальний гідрогенератор показано на рис. 13.

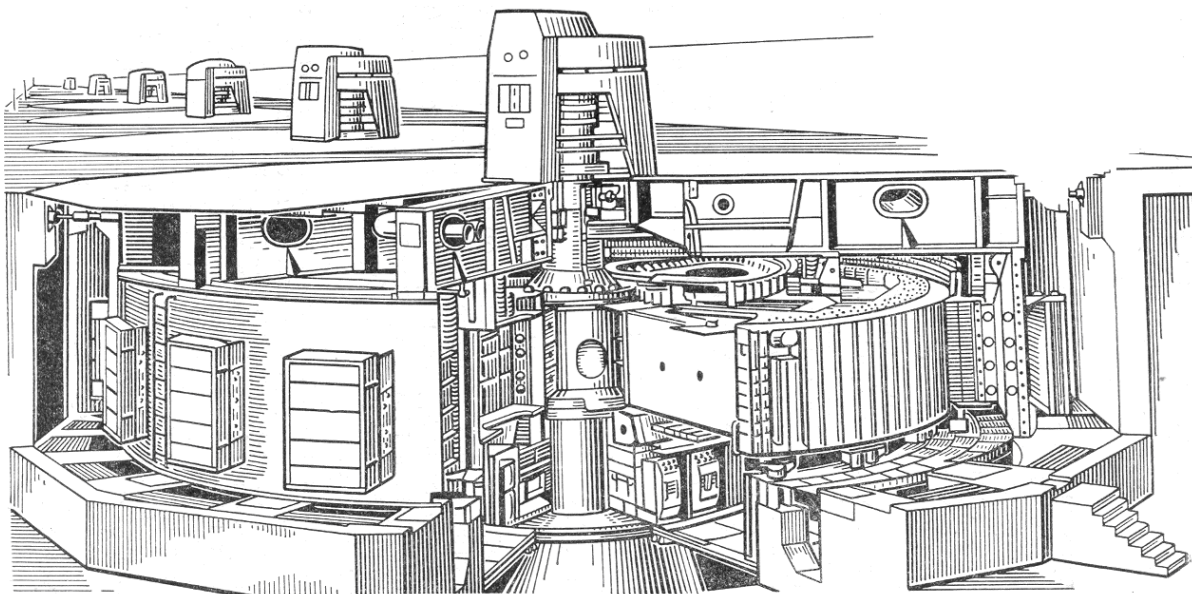


Рис. 13. Загальний вигляд потужного гідрогенератора

Останнім часом на ГЕС з низькими напорами застосовують горизонтальні гідрогенератори, які нічим не відрізняються від конструкцій турбогенераторів відповідних потужностей. Кожен генератор має відповідні величини напруги і струму статора і ротора, повної та активної потужностей та коефіцієнта корисної дії і ще однієї характерної величини, яка має назву $\cos \varphi$. Ці величини носять назву **номінальних параметрів генератора**.

Принцип роботи синхронних генераторів, заснований на законі електромагнітної індукції Фарадея, згідно з яким в провіднику, який пересікає магнітне поле, наводиться електрорушійна сила, яка пропорційна швидкості перетинання цього поля провідником, що рівнозначно швидкості зміни магнітного потоку Φ , тобто:

$$e = \frac{d\Phi}{dt}.$$

Поява е.р.с. при русі провідника в магнітному полі показана на (рис. 14, а). Реально в обмотку ротора через кільця і щітки подається постійний струм, який створює магнітне поле. У пазах статора знаходяться провідники, які з'єднуються між собою послідовно (рис. 14 б). При обертанні ротора в одному провіднику статора індукціюється е.р.с., яку можна записати так

$$e_1 = Blv,$$

де l — довжина провідника; v — швидкість обертання ротора; B — магнітна індукція, величина і напрямок якої змінюється.

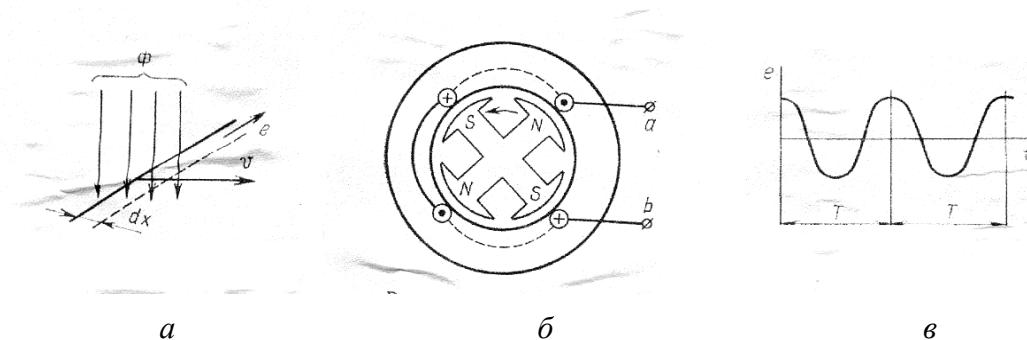


Рис. 14 Принцип дії синхронного генератора

Щоб е.р.с. була синусоїдною необхідно, щоб розподіл магнітної індукції по колу статора був синусоїдальним, що і виконано у генераторі. Оскільки провідники на статорі з'єднані послідовно, то величина е.р.с. на затисках дорівнює сумі е.р.с., яка наводиться у кожному провіднику. За один оберт ротора у кожному провіднику проходить два повні періоди зміни е.р.с. (рис. 14, в).

Тому що на роторі розташовані дві пари полюсів, і тоді частота змінного струму f , визначається, як, Гц:

$$f = \frac{pn}{60}.$$

На відміну від однофазного синхронного генератора у трифазному генераторі на статорі розташовано три обмотки, кожна з яких зсунута відносно іншої на 120° .

9.2. Теплові електростанції

Теплові електростанції на сьогодні є найпоширенішим видом електростанцій. Джерелом первинної енергії для них є органічне паливо (вугілля, нафта, газ, сланець). За видом енергії, що виробляється, теплові електростанції (ТЕЦ) підрозділяються на:

- **конденсаційні (КЕС)**, які виробляють тільки електричну енергію;
- **теплоелектроцентралі (ТЕЦ)**, які виробляють електричну та теплову енергію. У цьому випадку джерелом тепла, яке надходить до споживача, є відпрацьований пар або ж відпрацьовані газові продукти згоряння.

За видом теплового двигуна ТЕС підрозділяються на:

- паротурбінні (використовують як турбіни – парові турбіни),
- газотурбінні (з газовими турбінами),
- парогазові (мають і парові, і газові турбіни),
- дизельні (використовують двигуни внутрішнього згоряння).

9.2.1. Конденсаційні електростанції

Конденсаційні електростанції виробляють та передають на значну відстань споживачам тільки електричну енергію. Вони розміщуються, як правило, поблизу джерел первинної енергії і досить віддалені від споживача. Характе-

рною особливістю таких станцій є те, що відпрацьований в їхніх турбінах пар не використовується для споживання, а **перетворюється у конденсат** (воду), який посилається знову у паровий котел для повторного використання.

Схема перетворення палива в електроенергію на таких станціях може бути показана так:

Паливо → Тепло́та → Механічна енергія → Електрична енергія

Приклад принципової технологічної схеми КЕС показаний на рис. 15.

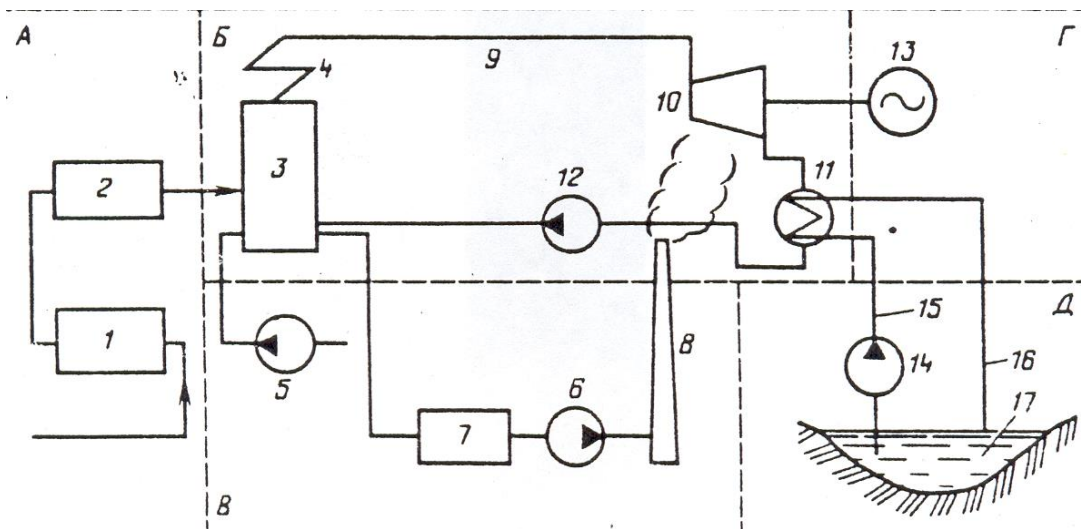


Рис. 15. Принципова технологічна схема конденсаційної електростанції, яка працює на твердому паливі

Паливо, яке поступає на електростанцію, **проходить попередню обробку**. Так, тверде паливо (вугілля), що найбільш часто використовується на ТЕС, спочатку **роздрібнюється**, а потім **підсушується**, і на спеціальних млинових установках **подрібнюється до пиловидного стану**. Комплекс пристроїв, призначених для розвантаження, збереження та попередньої обробки палива складає паливне господарство або паливоподачу. **Паливоподача 1** та **пилевиготівлення 2** складають паливний тракт КЕС.

Вугільний пил разом із повітряним потоком, який створюється спеціальним вентилятором, подається у **топку котла 3**. Продукти згоряння палива проходять через спеціальні **очисні споруди 7** (золоспіймачі), де виділяються зола та інші домішки (при спалюванні нафти та газу золоспіймачі не потрібні), а **гази**, що залишаються, за допомогою димососу **6** через **димову трубу 8** викидаються в атмосферу. Сукупність елементів 5 – 8 складають газоповітряний тракт В.

Теплота, отримана при спалюванні палива у котлі, використовується для одержання пару, який перегрівається у **пароперегрівачі 4** та по **паропроводу 9** надходить у **турбіну 10**. У турбіні енергія пару перетворюється у механічну роботу обертання її валу, який спеціальною муфтою з'єднаний із валом **генератора 13**, виробляючого електроенергію. Відпрацьований у турбіні пар після свого розширення від початкового тиску на вході до турбіни

13 – 24 МПа до кінцевого (на вході) 0,0035–0,0045 МПа надходить у спеціальний апарат **11**, який називається **конденсатором**.

Якщо як водоймище використовується річка, то **вода після проходження конденсатора**, маючи температуру 30–35° С, знову скидається у річку, і щоб не підігрівати циркулюючу воду, цей скид здійснюється нижче пункту водозабору. Така схема називається **прямоточною**. Частіше як джерело водопостачання використовуються спеціально створені водоймища: водосховища – **охолоджувачі, бризкальні басейни або градирні** (баштові охолоджувачі). Вартість спорудження останніх у 2–2,5 рази більше вартості водосховищ – охолоджувачів. Але останні вимагають відчуження землі. Так при створенні водосховища – охолоджувача для КЕС потужністю 5 млн. кВт. затоплюється водою поверхня землі площею 2–2,5 тис. га, для АЕС такої ж потужності 3,5–4 тис. га. У таких випадках система водопостачання називається **оборотною** (замкнутою).

Джерело водопостачання **17**, **циркуляційні насоси 14**, **підводячі 15 та відводячі 16 водоводи** створюють систему технічного водопостачання електростанції Д.

Пристрої, які призначені для виробки та передачі електроенергії складають електротехнічне господарство станції Г. Крім генераторів 13, до нього входить обладнання відкритих підстанцій, розподільних установок, акумуляторних батарей та ін.

На такій електростанції у процесі перетворення енергії втрати неминучі. Коефіцієнт корисної дії (**ККД**) сучасних потужних КЕС не перевершує звичайно **32–40 %**.

Розглянемо елементи технологічної схеми ТЕС детальніше.

Паровий котел. Цей технічний пристрій служить для генерації пара з заданими параметрами (тиск та температура) з надходячої до нього живильної води. Конструктивно котли поділяються на барабанні та прямоточні.

У **барабанному котлі** (рис. 16) є сталевий **барабан 2**, у нижній частині якого знаходиться вода, а у верхній – пар. Живильна вода, пройшовши спочатку через **економайзер 3**, який служить для попереднього підігріву води димовими газами, поступає до барабана. З барабана **по спускним трубам 4** за допомогою **насоса примусової циркуляції 5** (але його може і не бути) вода надходить в **топку 1** і далі по **екранним трубам 6** тепер уже як пароводяна суміш йде в барабан. У барабані пар відділяється від води – **сепарується** і після **пароперегрівника 7** по **паропроводам** йде у турбіну.

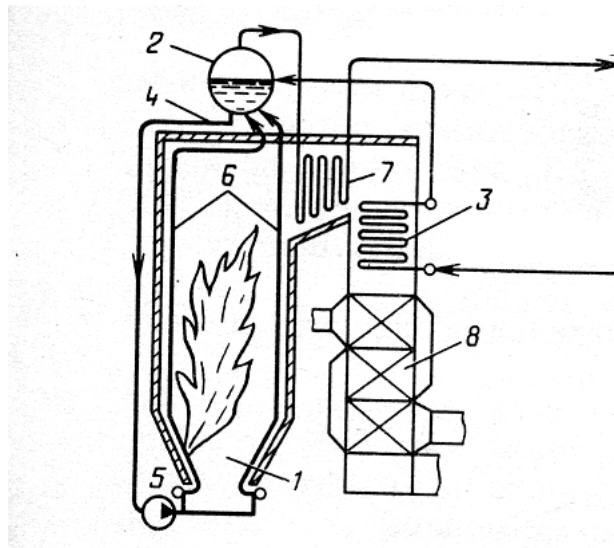


Рис. 16. Спрощена схема барабанного парового котла з примусовою циркуляцією

У топці котла спалюється енергетичне паливо (вугіль, нафта, мазут або газ). Для найбільш повного спалювання палива повітря, яке поступає у топку за допомогою **повітряпідігрівника 7**, підігрівається. Ті гази, які утворюються після згорання палива мають високу температуру (до 1700°C), тому при згоранні твердого палива утворюється зола, яка знаходиться в рідкому або тістоподібному стані у вигляді дрібних крапель, які підхвачуються потоком, топкових газів. Частина з них випадає із потоку на дно топки і утворює шлак, а решта виноситься з топки і утворює летючу золу. Шлак вилучається із топки сухим або рідким засобом, а димові гази перед виходом з котла проходять через спеціальний повітряпідігрівач, де вони підігрівають повітря, яке іде в топку, а самі одночасно охолоджуються до $120\text{--}150^{\circ}\text{C}$. Пройшовши **очишувальні пристрої**, гази відсмоктуються димососом і по газоходам направляються у димову трубу.

У **прямотечійному котлі** (рис. 17) барабана немає. Циркуляція води і пара в цьому котлі забезпечується насосами. Конструктивно такий котел складається із ряду паралельно включених витків сталевих труб, у які через **економізатор 1** поступає живильна вода. Спочатку вода поступає у нижню частину **екранів** (витків труб) **2**. Тут вона нагрівається, піднімаючись, випарюється, поступово втрачаючи властивості капілярної рідини. У верхній частині **екранів 3** здійснюється початковий перегрів пара, після чого він поступає у **пароперегрівник 4** і далі по паропроводам у турбіну. В **повітряпідігрівниках 5** повітря підігрівається перед подачею його в топку.

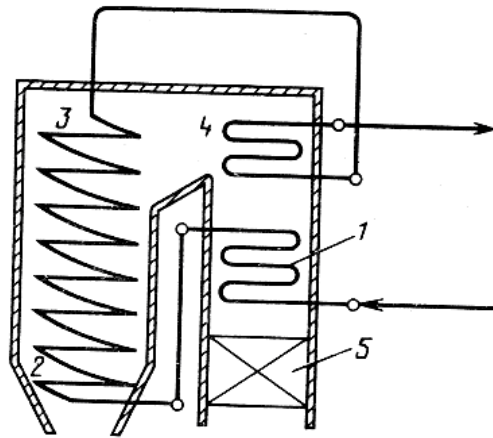


Рис. 17. Спрощена схема прямоточного котла

Прямоточні котли застосовуються при закритичних параметрах (тиск більш як 22 МПа).

Парова турбіна. Паровою турбіною називають тепловий двигун, який перетворює потенційну енергію пара спочатку в кінетичну енергію, а потім у механічну роботу на валу. Перетворення енергії турбіни проходить у два етапи (рис. 17).

На першому етапі пар із **паропроводу** поступає у нерухоме **сопло 1** (це може бути і група паралельних сопел, які складають **соплову решітку**), де він розширюється і прискорюється у своєму русі у напрямку оберту робочих лопаток. Таким чином пар проходячи по соплу, втрачає свою теплову енергію (температура та тиск знижуються), підвищує кінетичну енергію (швидкість збільшується). Після сопел потік пара попадає у канали, створені **робочими лопатками 2 (робоча решітка)**, закріпленими на **диску 3** і твердо скріплені з **валом 4**, який обертається. Тут відбувається другий етап перетворення енергії, під час якого кінетична енергія потоку перетворюється у механічну роботу оберту вала ротора турбіни, який складається з вала з дисками та лопатками. У зазорі між сопловою та робочою решітками тиск пара не змінюється, а він змінюється вже у робочих лопатках.

Сукупність соплового і лопаткового апаратів носить назву турбінного ступеня. Конструктивно турбіни можуть бути як одноступеневими (рис. 18), так і багатоступеневими (рис. 19). В останньому випадку нерухомі соплові решітки чергуються з робочими.

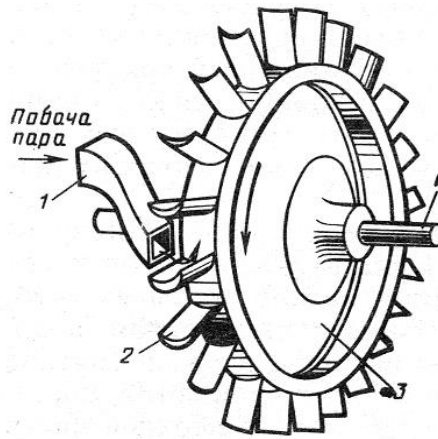


Рис. 18. Схема одноступеневої турбіни

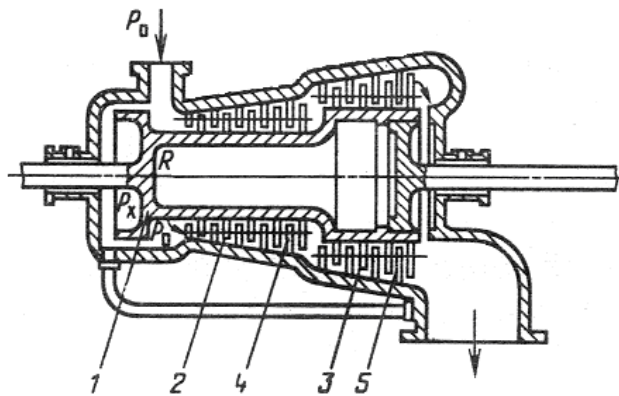


Рис. 19 Схема багатоступеневої турбіни:
1 – ротор; 2, 3 – робочі лопатки; 4, 5 – соплові лотки

Конденсатор. Економічність роботи парової турбіни значною мірою залежить від кінцевого тиску пара. Чим він менше, тим більше використовується тепловий перепад і виростає ККД турбіни. Із трьох параметрів пара, які визначають економічність турбіни (початковий тиск, початкова температура і кінцевий тиск) останній має найбільший вплив на ККД турбіни

Зниження тиску пара після виходу із турбіни здійснюється у пристрої, який називається **конденсатором**, і в якому підтримується низький абсолютний тиск, який дорівнює 0,005–0,0035 МПа.

У найпростішому випадку конденсатор являє собою циліндричний корпус з великою кількістю трубок, який закритий з торців (рис. 20).

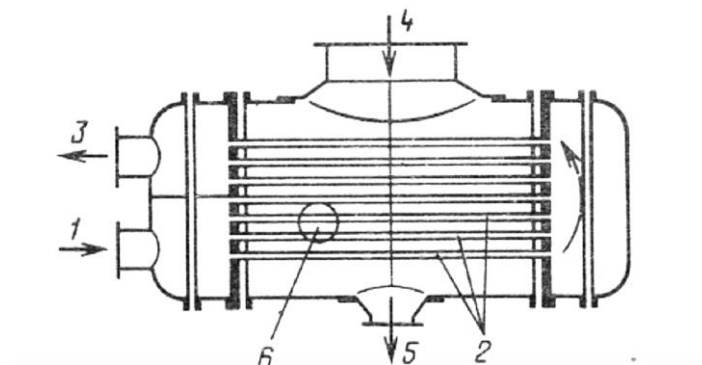


Рис. 20. Схема конденсатора

Охолоджуюча вода поступає через **патрубок 1**, проходить через **трубки 2**, нагрівається і виходить з конденсатора через **патрубок 3**. **Пар** поступає через **патрубок 4**, заповнює **міжтрубний простір** всередині корпусу, стикається з холодною зовнішньою поверхнею трубок і **конденсується**. Конденсат **спеціальним насосом** відкачується через **патрубок 5**.

Температура охолоджуючої на вході в конденсатор складає звичайно 12–20 °С, а на виході з нього 30–35 °С. Таким температурам конденсації відповідає дуже глибокий вакуум (0,0035–0,0045 МПа).

Для забезпечення вакууму із конденсатора за допомогою вакуумного насоса через **патрубок 6** відкачується повітря.

Робота турбіни потребує значної кількості води і тому будівництво потужних КЕС можливо лише поблизу великих водоймищ (рис. 21).

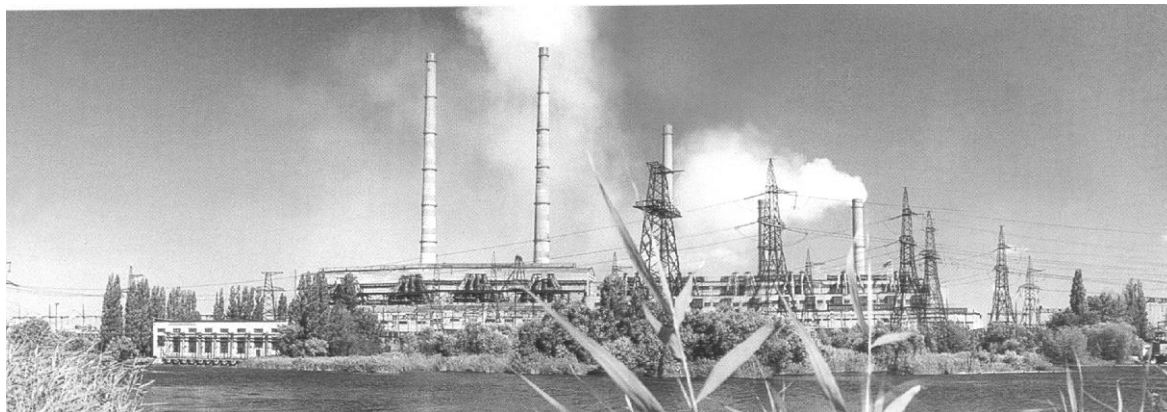


Рис. 21. Загальний вигляд потужної КЕС

Розглянемо коротко тепловий баланс конденсаційної електричної станції. Технологічний процес виробки електричної енергії на конденсаційній електричній станції пов'язаний з багаторазовим перетворенням однієї форми енергії в іншу, яке супроводжується її втратами. Ми вже казали, що ККД КЕС лежить в межах 39–41 %. Виникає запитання: в якому обладнанні виникають ці втрати та яка їхня чисельність?

Відповідь на це питання можна отримати з табл. 3.

Таблиця 3 – Тепловий баланс КЕС

Витрати тепла	%
Тепло, яке перетворюється на електроенергію	25
Втрати у конденсаторі	55
Втрати у турбогенераторі	6
Втрати у трубопроводах	2
Втрати у котельному агрегаті	12
Всього	100

9.2.2. Теплоелектроцентралі

До теплоелектроцентралей (ТЕЦ) відносять електростанції, які виробляють і відпускають споживачам не тільки електричну, але і теплову енергію. При цьому теплоносієм служить пар із проміжних відборів турбіни, який частково уже використовувався на перших ступенях розширення турбіни для виробки електроенергії, а також гаряча вода із температурою 100–150 °С, яку нагріває відібраний із турбіни пар. Технологічна схема ТЕЦ відрізняється від схеми КЕС лише наявністю проміжних відборів пару із турбіни на опалювальні та технологічні потреби. Принципова схема ТЕЦ показана на рис. 22.

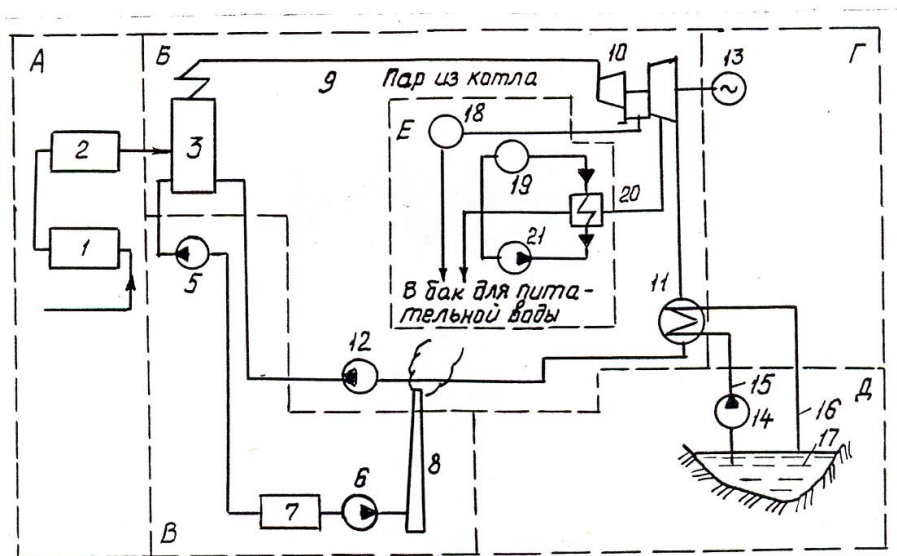


Рис. 22. Принципова схема ТЕЦ на твердому паливі

Як і раніше пар із парового котла подається по паропроводу в **турбіну 10**, де він розширюється до тиску в конденсаторі і потенційна його енергія перетворюється у механічну роботу оберту турбіни та з'єданого із ним ротора **генератора 13**.

Частина пару після декількох ступенів розширення відбирається із турбіни і направляється по паропроводу споживачу пара **18**. Місце відбору пара

та його параметри установлюються з урахуванням вимоги споживача. Чим вище потрібний тиск, тим менше кількість ступенів до місця відбору, тобто тим менше кількість електроенергії, яку виробляє кожен кілограм відібраного пару.

У сучасних турбінах передбачається декілька місць відбору пару. Пар найбільш низьких параметрів використовується для одержання гарячої води. Такий пар по паропроводу поступає у сітковий підігрівач 20. Гаряча вода, яка іде на потреби теплопостачання, циркулює між сітковим підігрівачем та споживачем 19 по замкнутому контуру за допомогою сіткового насосу 21. Система трубопроводів, забезпечуючи подачу води від ТЕЦ споживачам і повернення охолодженої води на ТЕЦ носить назву теплової сітки. Вона показана на рисунку як зона *E*. Централізоване постачання споживачів тепловою енергією, одержаною від відпрацьованого у турбіні пару при виробі енергії, є основою сучасної теплофікації.

Із технологічної схеми ТЕС видно, що до її конденсаторів доходить тільки невеличка кількість пару. Тому і втрати тепла із охолоджуючою конденсатор водою на таких станціях значно менше, ніж на конденсаційних станціях, турбіни яких не мають відбору технологічного пару, що у кінцевому рахунку приводить до більш високих теплових та енергетичних показників ТЕЦ.

В Україні експлуатуються теплофікаційні енергоблоки на понадкритичних параметрах пари потужністю 250 МВт.

Поряд із розглянутими ТЕЦ, які мають турбіни із конденсацією та регульованими відборами пару, є також ТЕЦ, які використовують турбіни з протитиском. Такі турбіни не мають конденсаторів і весь відпрацьований пар направляється тепловому споживачеві. Конденсат пара від споживача частково або повністю повертається на станцію і використовується для живлення парових котлів. На таких ТЕЦ кількість пара, проходячого через турбіни, а відповідно і кількість електроенергії, яка виробляється, повністю визначається тепловим споживачем, а не режимом споживання електроенергії. Однак якщо виходити із необхідності забезпечення режиму електроспоживання, то режим турбіни з протитиском не буде залежати від вимог споживачів тепла.

Оскільки теплота на ТЕЦ витрачається на виробку електричної та теплової енергії, то розрізняють ККД ТЕЦ з виробництва та відпуску електричної енергії та з виробництва та випуску теплової енергії. Однак для сумісної оцінки економічної ефективності обох процесів використовується повний (загальний) ККД ТЕЦ, який характеризує міру використання теплоти, яка іде на виробництво обох видів енергії одночасно. Значення цього **ККД для ТЕЦ, які мають турбіни із конденсацією та відборами пара не перевершує 60 %, а для ТЕЦ, які використовують турбіни із протитиском, – 75 %.**

9.2.3. Газотурбінні установки

Газотурбінні установки (ГТУ) складаються із трьох основних елементів: **повітряного компресора, камери згорання та газової турбіни** (рис. 23).

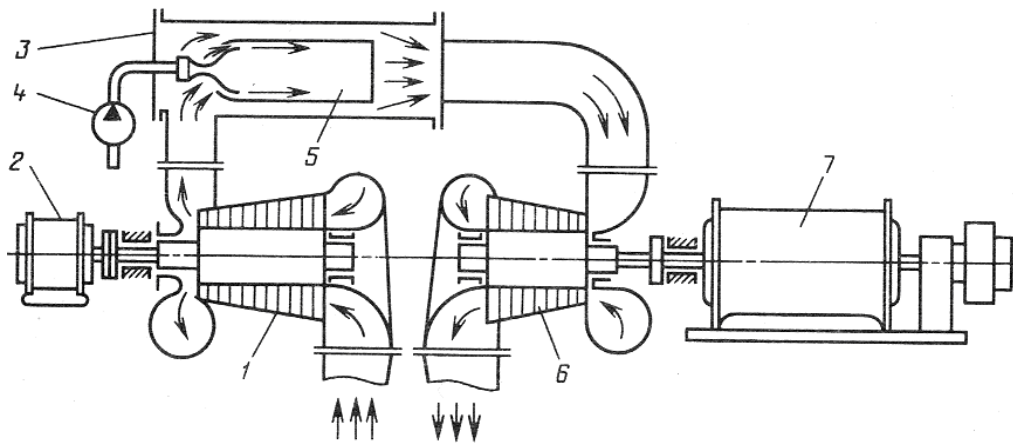


Рис. 23. Принципова схема газотурбінної установки

Повітря із атмосфери надходить до **компресора 1**, який приводиться у рух **пусковим двигуном 2** і стискується. Далі його під тиском подають у **камеру згорання 3**, куди одночасно підводиться **паливним насосом 4** рідке або газоподібне паливо. Якщо у камеру згорання подавати повітря рівно стільки, скільки потрібно для повного згорання палива, то продукти згорання будуть мати температуру більшу ніж як 2000°C . Із умов жароміцності лопаток турбіни та інших елементів газового тракту така температура недопустима. Для того щоб знизити температуру газу до припустимого рівня ($750\text{--}800^{\circ}\text{C}$) у камеру згорання подають повітря у 3,5–4,5 рази більше, ніж це потрібно для згорання палива. У камері згорання він розподіляється на два потоки: один потік поступає у середину **жарової труби 5** і забезпечує повне згорання палива, другий обтікає жарову трубу зовні, підмішуючись до продуктів згорання, знижує їхню температуру. Після камери згорання гази поступають до газової турбіни, яка знаходиться на одному валу з компресором та генератором. Там вони, розширюючись приблизно до атмосферного тиску, виконують роботу, обертаючи вал турбіни. ГТУ показана на рис. 24.

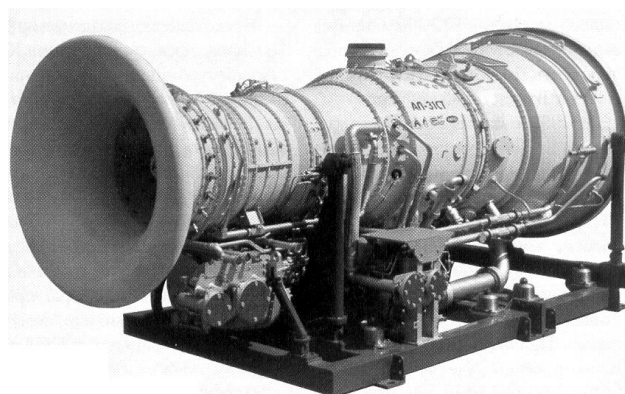


Рис. 24. Загальний вигляд газотурбінної установки

Для підвищення роботи ГТУ стиснуте в компресорі повітря перед подачею у камеру згорання підігрівається у регенераторі (на рисунку він не показаний) відпрацьованими у турбіні гарячими газами, які мають температуру приблизно 400°C . Корисна потужність ГТУ, тобто потужність, яка залиша-

ється від тієї, що розвивається турбіною, за вирахуванням споживаної приводом компресора, складає порівняно невелику долю потужності турбіни. Цю долю можна підвищити, якщо підняти температуру газу перед турбіною або знизити температуру повітря, яку засмоктує компресор. Корисна потужність залежить також від аеродинамічних якостей проточної частини турбіни та компресора.

Потужність газової турбіни значно менше ніж у парової і зараз звичайно не перевершує 100–150 МВт при максимальному ККД 30 %. Та обставина, що потужність на валу турбіни повинна перевершувати потужність генератора на потужність компресора є, безумовно, недоліком ГТУ.

До позитивних якостей ГТУ слід віднести відсутність громіздкого котельного агрегату, незначну потребу в охолоджуючій воді, високу маневреність (більш швидкі, ніж у парових турбін, пуски і зупинки), простоту автоматизації експлуатації, що тягне за собою зменшення обслуговуючого персоналу та можливість управління на відстані. Відмічені особливості ГТУ і визначають область їхнього застосування в енергетиці. Вони з успіхом можуть бути джерелом пікової потужності у періоди проходження максимуму навантаження.

ГТУ знаходять застосування також як теплофікаційні установки. У цьому випадку вихлопні гази направляють у спеціальний котел або водяний підігрівач, що приводить до підвищення ККД установки.

9.2.4. Парогазові установки

Парогазові установки (ПГУ) являють собою сполучення паротурбінної (ПТУ) та газотурбінної (ГТУ) установок.

Таке сполучення дозволяє знизити втрати відпрацьованої теплоти турбіни або теплоти газів парових котлів, що забезпечує підвищення ККД ПГУ в порівнянні з окремо взятими ПТУ та ГТУ. Крім того, при такому поєднанні досягається ряд конструктивних переваг, які здешевлюють установки. Принципова схема ПГУ наведена нижче.

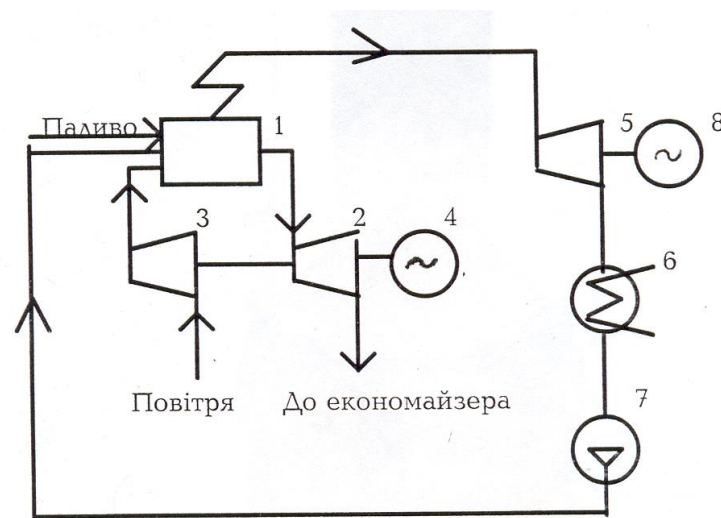


Рис. 25. Принципова схема парогазової установки з високонапірним котлом

Високонапірний котел 1 працює на газовому або на очищеному рідкому паливі. Димові гази, виходячи з котла з високою температурою та надлишковим тиском, направляються у **газову турбіну 2**, на одному валу з якою знаходиться **компресор 3** та **генератор 4**. Компресор нагнітає повітря у **топкову камеру** котла. Пар із високонапірного котла направляється до **конденсаційної турбіни 5**, на одному валу якої знаходиться **генератор 8**. Відпрацьований у турбіні пар переходить у **конденсатор 6** і після конденсації **насосом 7** подається знову у котел. Вихлопні гази турбіни підводяться до економайзера для підігріву живильної води котла. У такій схемі не потрібно димососа для виведення відхідних газів високонапірного котла, тут функцію дуттьового вентилятора виконує компресор. **ККД** установки у цілому сягає **42–43 %**. Таке поєднання двох установок у загальний парогазовий блок має більш високі маневрові якості у порівнянні із звичайними паровими блоками.

Запитання для самоперевірки

1. На які типи поділяються всі електростанції ?
2. Поясніть принцип дії КЕС. Чому дорівнює їх ККД?
3. Поясніть принцип дії ТЕЦ. Чому дорівнює їх ККД?
4. Поясніть принцип дії ГТС. Назвіть їх переваги і недоліки. Чому дорівнює їх ККД?
5. Поясніть принцип дії ПГУ, та для чого вони застосовуються, і чому дорівнює їх ККД?

9.3. Атомні електростанції

Перша у світі атомна електростанція (АЕС) була введена в експлуатацію 24 червня 1954 року в місті Обнінськ (Росія). На АЕС енергія, отримана в результаті ділення ядра урану на осколки, перетворюється у теплову енергію пара або газу, а потім в електричну енергію.

Фізичні основи використання ядерної енергії можна пояснити, використовуючи теорію відносності А. Ейнштейна. Згідно з цією теорією маса m та енергія E перетворюються одна в одну за таким законом:

$$E = mc^2,$$

де c – швидкість світла у вакуумі.

Якщо виникає або пропадає якась кількість маси, то з'являється еквівалентна кількість енергії, і навпаки.

Швидкість світла дорівнює $9 \cdot 10^{10}$ см/с, що еквівалентно згідно з законом Ейнштейна величині $c^2 = 9 \cdot 10^{13}$ Дж або $2,5 \cdot 10^7$ кВт · г. Звідси добре видно, що при такому величезному значенні коефіцієнта пропорційності навіть дуже мала зміна маси приводить до величезних еквівалентних прирощень енергії.

Джерелом ядерної енергії виступають, як правило, важкі ядра, для яких можливі ядерні перетворення. Так при поділі ядра урану 235 (^{235}U) звільняється біля **200 МеВ** енергії. Нагадаємо, що 1еВ (електрон-вольт) – це основна одиниця в ядерній фізиці і дорівнює енергії, яку набуває частинка із заря-

дом, який дорівнює заряду електрона, який проходить у вакуумі різницю потенціалів в 1 В, тобто

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ ерг} = 4,45 \cdot 10^{-26} \text{ кВт} \cdot \text{г.}$$

Пристрій, в якому проходить поділ важких ядер називається **реактором**. Із фізики відомо, що атом складається із електронів, протонів та нейтронів. Нейтрон заряду не має. Ділення ядер відбувається при бомбардуванні їх нейтронами. Між **протонами** на **нейтронами** всередині існують ядерні зв'язки, які більші ніж кулонівські сили відштовхування між протонами. Така зв'язка між протоном та нейтроном одержала назву **нуклона**. Тоді загальна структура атомного ядра урану можна бути умовно подана так, як це показано на рис. 26.

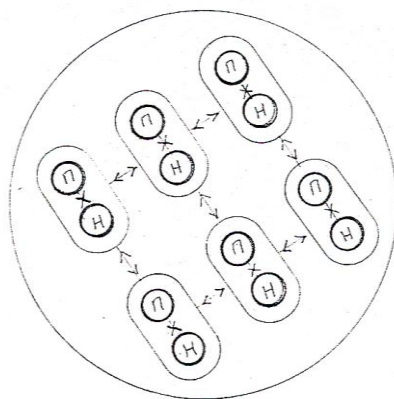


Рис. 26. Структура ядра атома урану

Що ж відбувається у реакторі АЕС і звідки виникає теплота? Теплова енергія на АЕС виникає у результаті ділення ядер урану при бомбардуванні їх нейтронами. Нейтрон, який летить із величезною швидкістю, влучає в ядро урану. Він не може змінити повну енергію у нуклонів, а змінює лише енергію зв'язку між самими нуклонами. Внаслідок цього у таких ядрах як **Уран (U)** або **Плутоній (Pu)** цих сил буде вже недостатньо для затримання всіх нуклонів разом.

Кожне ядро урану – **^{235}U** містить 92 протона та 143 нейтрона, є вкрай нестійким і розділяється при попаданні у нього всього лише одного зовнішнього нейтрона будь-якого походження. Тоді **ядро розпадається на два-три осколки**, які мають неоднакові маси, **і декілька нейтронів**, які розлітаються у різні боки з величезними швидкостями і, отже, мають великі запаси кінетичної енергії. Кажуть, що ядро **«розщеплюється»**. Ці нейтрони, у свою чергу, бомбардують нові ядра і теж розбивають їх та ін. Керована ланцюгова реакція в **^{235}U** може проходити тільки тоді, коли **нейтрони сповільнюються** до теплової швидкості за допомогою сповільнювача. Виникає, так би мовити, **«дефект маси»**, який приводить, у свою чергу, до виділення величезної кількості теплоти.

Відповідно до теорії Ейнштейна сумарна маса продуктів ділення ядер і вільних нейтронів є меншою за початкову масу ядра та нейтронів на величину, відповідну згаданому енерговиділенню. Одержана при розщепленні ядер енергія майже повністю перетворюється у теплову. **Установка, в якій протікає керована реакція ділення, і є ядерним реактором.** Для стійкої та безперервної роботи реактора необхідно, щоб процес ділення ядер був самопідтримуючим, для чого необхідно, щоб у нього втягувалась необхідна кількість ядер, яка визначається відповідною кількістю речовини, яка поділяється, і яка називається **критичною масою**. Якщо ця кількість речовини буде менше за критичну, то реакція ділення припиниться, а якщо всі випущені нейтрони будуть викликати нові ділення ядер, то реактор зруйнується.

Вже згадувалось, що отримані після розділу ядра ^{235}U «новонароджені» нейтрони мають дуже високу швидкість (біля 20 тис. км/с). Однак такі швидкі нейтрони, як виявилось, рідко захоплюються новими ядрами ^{235}U . Але якщо рух нейтронів реактора **сповільнити до швидкості біля 2 км/с**, то захват нейтронів ядрами ^{235}U проходить у тисячі разів частіше і при цьому виникає можливість керувати цепною реакцією у реакторі. Сповільнення руху нейтронів може відбуватися за допомогою звичайної води, важкої води або графіту. Але звичайно вода поглинає при цьому багато нейтронів. Такі сповільнені нейтрони отримали назву **теплових нейтронів**.

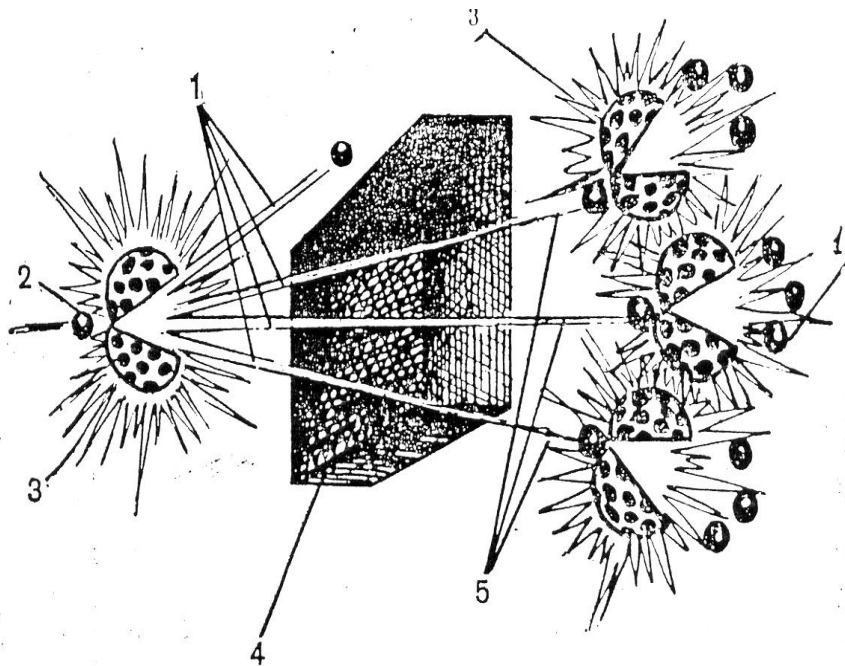


Рис. 27. Схема розщеплення ядра Урана-235
 1 – швидкі нейтрони; 2 – нейтрон, який розщеплює ядро; 3 – уран-235;
 4 – сповільнювач; 5 – повільні (теплові) нейтрони

Вивільнена енергія проявляється у вигляді кінетичної енергії продуктів ділення і при їхньому гальмуванні приводить до розігрівання оточуючого середовища, яким є теплоносій.

Як ядерне паливо використовується **природний уран**, який являє собою суміш трьох різних ізотопів ^{238}U (99,28 %), ^{235}U (0,714 %) та ^{234}U (0,006 %). Крім урану енергію можуть дати також природний торій (^{232}Th), а також штучно отримані у реакторах плутоній (^{239}Pu) та уран – 239 (^{239}U).

У сучасних промислових реакторах застосовується, як правило, ^{235}U , хоча у природі його найменше у порівнянні з іншими ізотопами урану. Причиною цього є те, що його ядра діляться при бомбардуванні їх так званими повільними нейтронами. Такі нейтрони одержують при штучному зниженні їх енергії від 10 МеВ, у момент ділення до 0,1 еВ. Це «скидання» енергії відбувається за рахунок їхніх зштовхувань із легкими ядрами, так званого, **сповільнювача**. При цьому гаситься і їхня швидкість з 20000 до 2 км/с, і лише тоді вони поглинаються ядрами. Бомбардування повільними нейтронами ядер ^{238}U не приводить до їхніх розщеплень. Таке ділення може відбутися тільки під час їхнього бомбардування нейтронами з великою енергією так званими швидкими нейтронами. Захват їх ядрами ^{238}U відбувається тільки при енергії нейтрона 6,7 еВ (30 км/с). У цьому випадку в реакторі утворюються нові ізотопи, такі, наприклад, як ^{239}Pu (ізоотоп плутонію – 239), який сам може бути ядерним паливом.

Реактори. Спочатку розглянемо реактори на теплових загальмованих нейтронах. Такі реактори відрізняються між собою головним чином за двома ознаками: які речовини застосовуються як уповільнювачі нейтронів, що є теплоносієм, за допомогою якого здійснюється відвід тепла з активної зони реактора. Найбільш розповсюдженими у теперішній час є водоводяні реактори, у яких звичайна вода слугує і уповільнювачем нейтронів і теплоносієм, та уран-графітові реактори (уповільнювач – графіт, теплоносій – звичайна вода), газографітові реактори (уповільнювач – графіт, теплоносій – газ, часто – вуглекислота), важководні реактори (уповільнювач – важка вода, теплоносій – або важка, або звичайна вода).

На атомних електричних станціях нашої країни та країн СНД найбільш поширеними є два основних типи серійних промислових реакторів: ВВЕР-1000 та РБМК-1000, які дозволяють отримувати електричну потужність в один мільйон кВт.

Розглянемо коротко водоводяний енергетичний реактор ВВЕР-1000, теплова потужність якого складає 3 млн. кВт. Цей реактор являє собою вертикальний товстостінний циліндричний «казан», корпус якого з еліптичним днищем та напівсферичною кришкою виготовляється з низьколегованої хромолібденової сталі. У нижній частині корпусу розміщується активна зона реактора, в якій знаходяться теплові касети, які містять касети тепловидільних елементів (ТВЕЛів), і безперервно надходяча у реактор під тиском 160 атм. вода, яка є одночасно і теплоносієм, і уповільнювачем нейтронів.

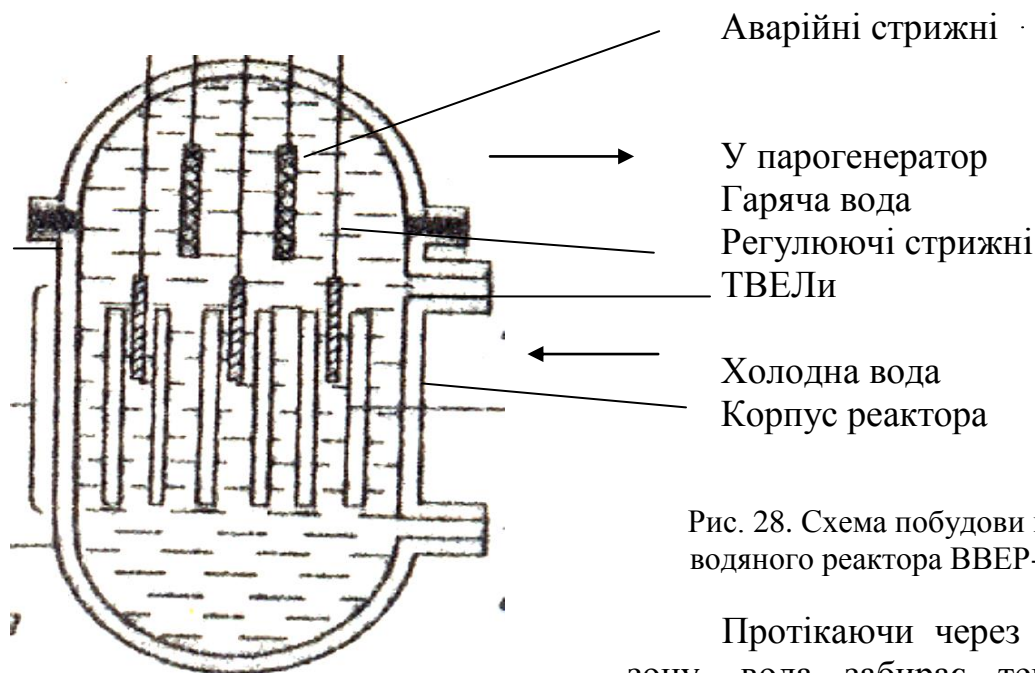


Рис. 28. Схема побудови водоводяного реактора ВВЕР-1000

Протікаючи через активну зону, вода забирає тепло від ТВЕЛів, у результаті чого її тем-

пература підвищується, а потім вода виходить із реакторів і подається у парогенератор.

У верхній частині корпусу реактора розміщуються сторонні системи управління і захист реактора. Зверху кришки корпусу встановлюється блок з приводом СУЗ.

Двоконтурна схема реактора. Вода, яка стикається в активній зоні з ТВЕЛАми і забирає від них тепло – радіоактивна. Це, так звана, вода першого контуру. Проходячи по трубчатій спіралі, розміщеній у теплообміннику, вона передає тепло воді іншого контуру, який знаходиться у теплообмінниках – парогенераторах під тиском 160 атм. Вода іншого контуру не радіоактивна, і саме вона перетворюється у пар, який поступає у турбіну. Вода першого контуру подається в активну зону за допомогою потужних головних циркуляційних насосів (ГЦН).

В активній зоні реактора ВВЕР-1000 розміщується 151 касета, які безперервно обливаються охолоджуючою водою, у кожній з них міститься 331 стрижень з ТВЕЛАми, начиненими ядерним паливом. ТВЕЛі представляють собою циліндри з оболонкою із сплаву ніобію, діаметром 9,1 мм.

У верхній частині корпусу реактора розміщується сторонні системи управління і захисту реактора (СУЗ). Зверху кришки корпусу установлюється блок з приводом СУЗ.

В активну зону можуть плавно вводитися і виводитися на необхідну глибину за допомогою спеціальних електроприводів стрижні, які служать для регулювання режиму і стрижні аварійного захисту. Ці стрижні виготовляються із речовин, які активно поглинають нейтрони карбїду бору або бористої сталі.

Стрижні захисту в разі виникнення аварійної ситуації самі опускаються в активну зону під дією власного тяжіння (за 0,6 с), теж саме може відбувати-

ся за сигналом автоматичної зупинки реактора або оператора. Введення або виведення із активної зони регулюючих стрижнів зменшує або збільшує потужність реактора, не припиняючи при цьому ланкову реакцію поділу ядер. Але «скидання» стрижнів аварійним захистом є настільки ефективним, що вже через 10–15 с у реакторі ланцюгова реакція поділу ядер повністю припиняється і реактор повністю зупиняється.

Відповідно до особливостей теплової схеми блока формується і повна технологічна схема АЕС. Вона складається з двох контурів (рис. 29). Другий контур повністю відповідає схемі КЕС.

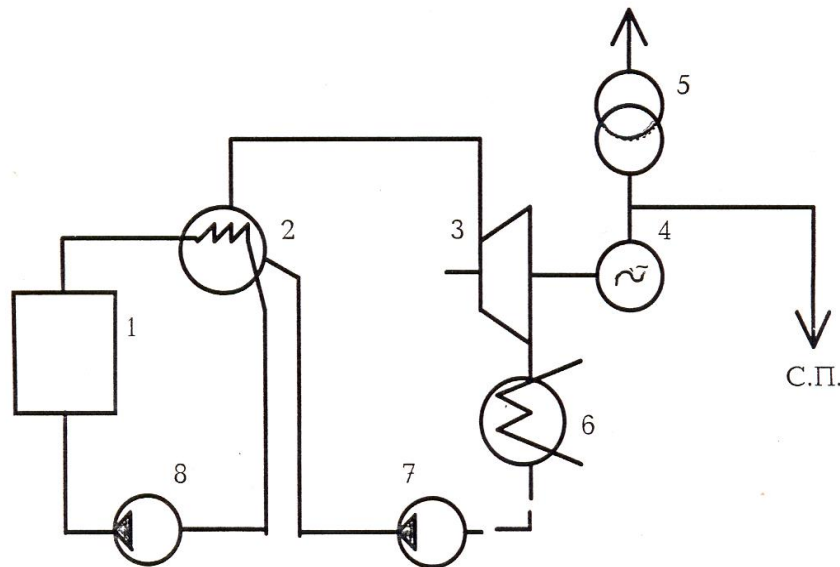


Рис. 29. – Принципова двоконтурна технологічна схема АЕС:

1–реактор; 2–парогенератор; 3–турбіна; 4–генератор; 5–трансформатор;
6–конденсатор турбіни; 7–живильний насос; 8–головний циркуляційний насос

Перспективним типом реактора є **реактор на швидких нейтронах**, як їх ще називають «**брідери**» або «**розмножувачі**». Ці реактори відрізняються від розглянутих вище реакторів на повільних (теплових) нейтронах тим, що у них нейтрони, які отримані після розділення ядер ^{235}U (або ^{239}Pu), не сповільнюються до такої міри, як у реакторах на повільних нейтронах. Схема взаєморозміщення у них ^{235}U (або ^{239}Pu) та ^{238}U така, що забезпечує більшу кількість захватів нейтронів ^{238}U , чим у реакторах з повільними нейтронами, у результаті чого утворення ^{239}Pu та ^{238}U йде більш активно, ніж спалюється ^{235}U . Цей процес йде паралельно з виділенням тепла, як і у реакторах з повільними нейтронами. При чому нового пального утворюється більше, ніж спалюється ^{235}U . Цей процес йде паралельно з виділенням тепла, як і у реакторах з повільними нейтронами.

Слід відмітити, що ^{239}Pu ще краще ядерне пальне, ніж ^{235}U . Таким чином цей реактор виробляє теплову енергію і дає вторинне ядерне паливо (^{239}Pu або ^{233}U) у кількостях, що перевищують первісне завантаження (коефіцієнт відтворення дорівнює 1,6), звідси назва **реактор-розмножувач**.

На рис. 30 наведена спрощена технологічна АЕС з реактором на швидких нейтронах. На рис. 31 наведено загальний вигляд сучасної потужної атомної станції на прикладі Запорізької АЕС.

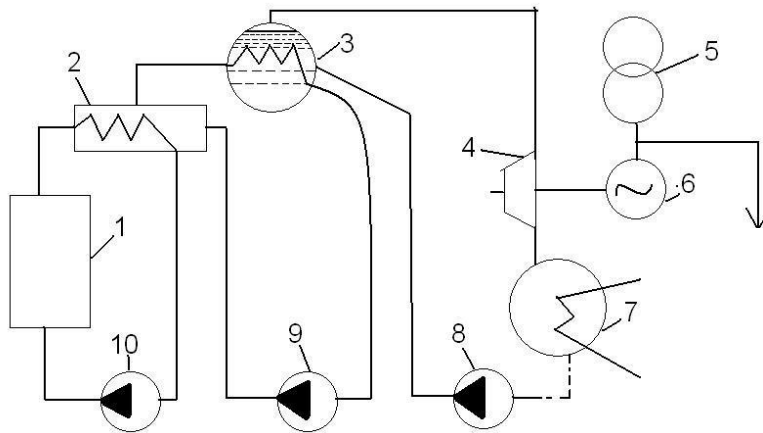


Рис. 30. Спрощена триконтурна технологічна схема АЕС з реактором на швидких нейтронах

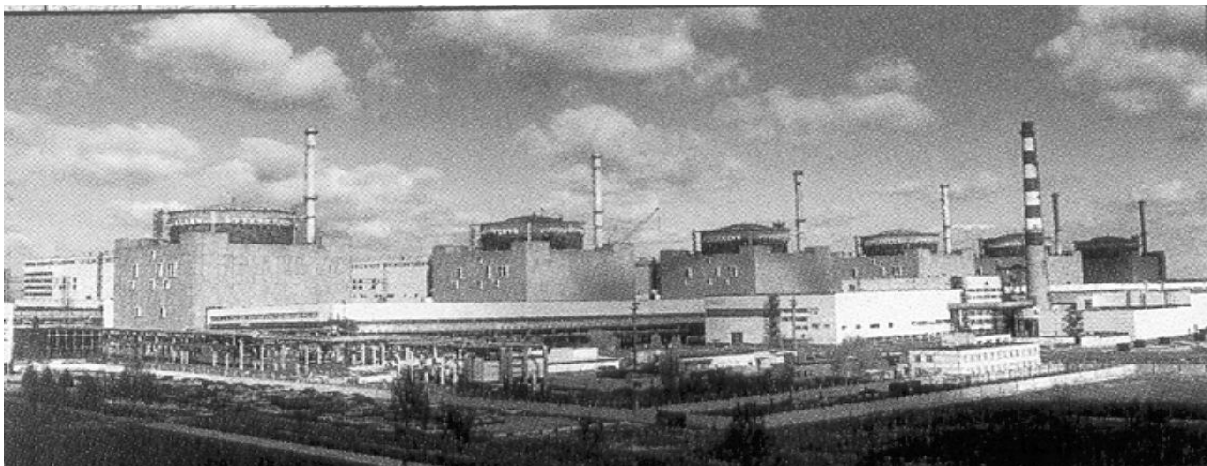


Рис. 31. Загальний вигляд АЕС

Запитання для самоперевірки

1. Опишіть фізичні основи розщеплення ядра урана і процеси, що його супроводжують.
2. Викладіть принципи дії атомного реактора на теплових нейтронах і назвіть складові його конструкції.
3. Чим відрізняється реактор на швидких нейтронах від реакторів на теплових нейтронах ?
4. Нарисуйте спрощену електричну схему двоконтурної АЕС.

9.4. Гідроелектростанції

9.4.1. Конструкція гідравлічних електростанцій

Робота електростанцій пов'язана з перетворенням енергії потоку води у електричну енергію. Для накопичення запасів води, а також створення необхідного напору на станції створюються спеціальні гідропоруди типу гребель, каналів, водоводів та ін. Сформований потік води під напором подається по спеціальним трубопроводам до гідротурбін, обертає її, а разом із нею і ротор гідрогенератора, який виробляє електроенергію.

Є два типи гідроелектростанцій, які відрізняються своїми схемами концентрації напору – **гребельна та дериваційна**. У гребельній схемі передбачено спорудження греблі, яка перетинає русло ріки, у результаті чого утворюється різниця рівнів води у верховому та низовому водосховищах по течії боків греблі. Створене до греблі водосховище називається **верхнім б'єфом**, а частина річки нижче греблі – **нижнім б'єфом**.

На рівнинних річках гідроелектростанції з гребельними схемами створення напору розділяють на два види: **руслові та пригребельні**. На рис. 32 показана компоновка ГЕС **пригребельного типу**, яка має будівлю машинного залу, що розміщується за греблею. На цих станціях весь напір сприймається саме греблею. Такі ГЕС, як правило, будуються при напорах більше ніж 30 м.

Різниця рівнів верхнього б'єфа $Z_{вб}$ та нижнього б'єфа $Z_{нб}$ створює напір ГЕС $H_{ГЕС}$, м:

$$H_{ГЕС} = Z_{вб} - Z_{нб}$$

Кількість води, яка надходить по напірному водопроводу до турбін, називається розходом і позначається Q , м³/с.

Потужність ГЕС, $P_{ГЕС}$, кВт, тоді може бути записана як

$$P_{ГЕС} = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta,$$

де η – **ККД** обладнання, яке перетворює енергію потоку води в електроенергію.

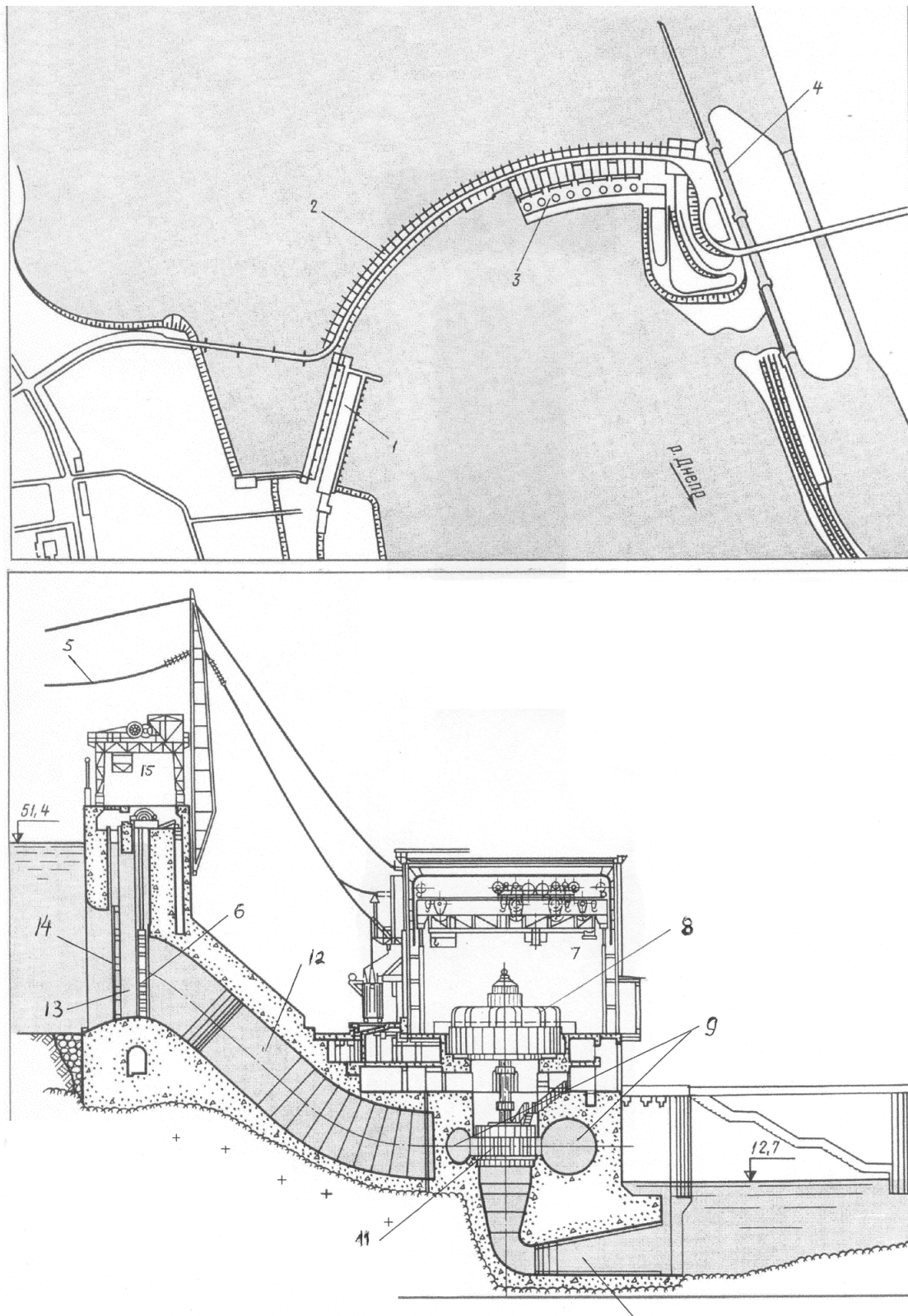


Рис. 32. План споруд та розріз по гідроагрегату пригребельної гідроелектростанції:
 1 – машинний зал ГЕС; 2 – водозливна гребля; 3 – другий машинний зал ГЕС; 4 – шлюз;
 5 – лінія електропередач; 6 – гідрозатвор; 7 – машзал; 8 – гідрогенератор; 9 – спіральна
 камера; 10 – відсмокчуюча труба; 11 – гідротурбіна; 12 – турбінний трубопровід;
 13 – водоприймач; 14 – решітка; 15 – підйомний кран

На ГЕС з невеликими напорами (15–30 м) машинний зал суміщається з греблею і розміщується, так би мовити, у руслі річки. Тому такі станції отримали нову назву **руслових**.

Для проходу судів на ГЕС роблять спеціальні **шлюзи**, які представляють собою **канали із бетону**, який має декілька воріт всередині. Ці **ворота** поділяють довгий бетонний канал шлюзової камери на окремі **камери**, рівень води в яких може регулюватися.

Якщо, припустимо, судно йде зверху вниз, то воно підходить спочатку до воріт 1 і зупиняється. Після чого із камери 2 вода подається у камеру 1 доки рівень води у камері 1 не зрівняється з рівнем води у верхньому б'єфі ГЕС. Після цього ворота 1 відчиняються і судно пропускають у першу шлюзову камеру, після чого ворота 1 знову зачиняються, відсікаючи камеру від річки.

Після того як судно пройшло у камеру 1, рівень води в ній знижують до рівня води в камері 2, після чого відкривають ворота 2 і пропускають судно в камеру 2, а далі вирівнявши рівні води в камері 2 і зовні відкривають ворота 3 і судно виходить в річку.

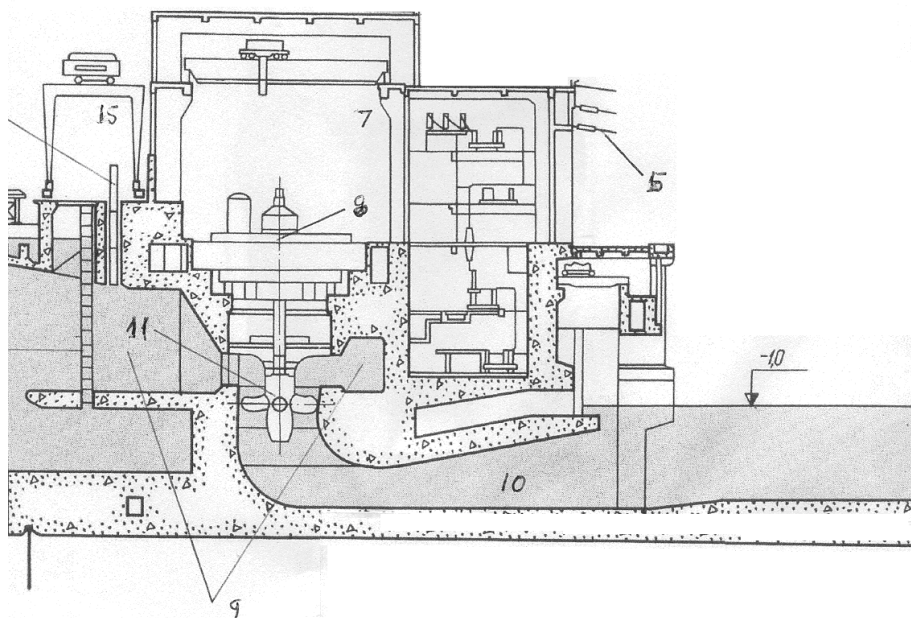
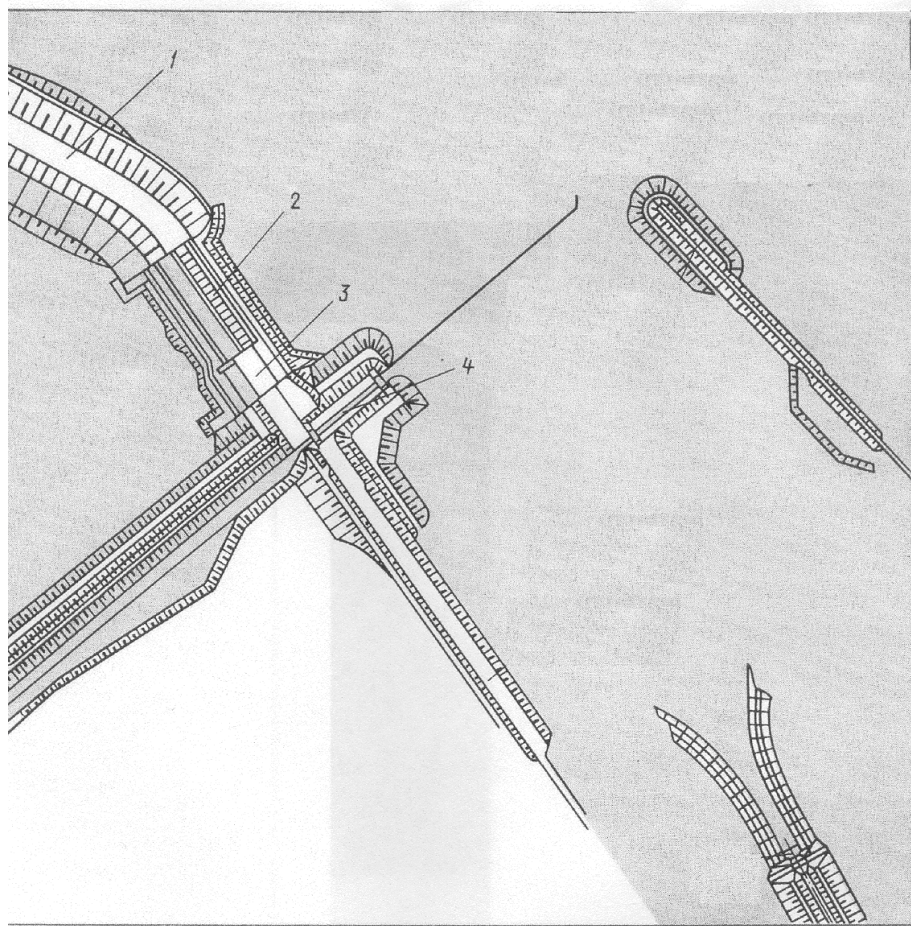


Рис. 33. План споруд та розріз по гідроагрегату руслової ГЕС:
 1 – руслова земельна гребля; 2 – водозливна гребля; 3 – машзал ГЕС; 4 – судноплавний шлюз; 5 – лінія електропередач; 6 – гідрозатвор; 7 – машзал; 8 – гідрогенератор; 9 – спіральна камера; 10 – відсмокчуюча труба; 11 – гідротурбіна; 12 – турбінний трубопровід; 13 – водоприймач; 14 – решітка; 15 – підйомний кран



Рис. 34. Схема будови та вихідні ворота шлюзу

На гірських річках з великим уклоном концентрація напору здійснюється за дериваційною схемою (рис. 35).

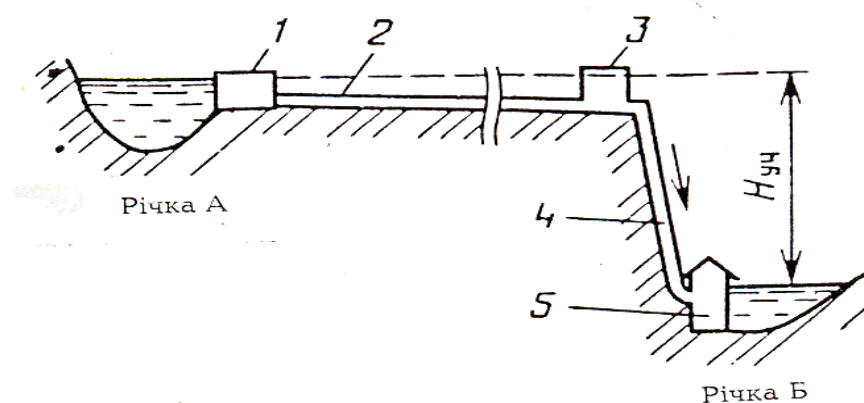


Рис. 35. Дериваційна схема ГЕС з перекиданням стоку:
 1 – водоприймач; 2 – деривація; 3 – зрівняльний резервуар;
 4 – турбінний трубопровід; 5 – будинок ГЕС

У вибраному створі річки зводиться порівняно невелика гребля I , яка створює дуже невеликий напір і має водосховище, з якого через водоприймач вода направляєється у штучний водопровід, який називається деривацією. Вона може бути виконана або ж у вигляді каналу, або ж тунелю, або ж трубопроводу. Із деривації вода поступає у напірний трубопровід, а з нього на турбіни ГЕС. Для того щоб згладити гідроудари у трубопроводах під час нестационарних режимів на ГЕС, у кінці деривації встановлюється зрівняльний резервуар, в якому знаходиться повітря. Є багато різновидів дериваційних схем.

ККД гідроелектростанцій набагато вище ніж ККД ТЕС та АЕС, і складає величину **80 % та вище**. Рівень води за турбінами складає рівень нижнього б'єфу станції.

9.4.2. Гідравлічні турбіни

Гідравлічні турбіни станції є її найважливішим енергетичним агрегатом. Гідравлічною турбіною називається гідромашина, яка перетворює енергію води, що рухається через неї, у механічну енергію її робочого колеса. Із основного закону механіки рідини – закону Бернуллі – виходить, що енергія H на вході у робоче колесо гідротурбіни складає:

$$H_1 = Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g},$$

а на виході з робочого колеса

$$H_2 = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g},$$

де p – тиск, Па; ρ – щільність рідини, кг/м³; g – прискорення вільного падіння, м/с²; Z – відмітка рівня центра потоку відносно прийнятої площини порівняння (висота), м; V – швидкість, м/с.

Віддана водою робочому колесу **енергія**, дорівнює різниці енергій в потоці робочого колеса до і після нього.

$$H = H_1 - H_2 = Z_1 - Z_2 + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$$

Таким чином вся енергія потоку складається з **енергії тиску** $\frac{p_1 - p_2}{\rho g}$, (сума цих двох енергій складає потенціальну енергію), та **кінетичної енергії** $\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$. Залежно від того, як використовуються ці складові енергій у конструкції гідротурбін для використання напору, гідротурбіни розподіляються на **активні** і **реактивні**. Якщо гідротурбіни використовують тільки кінетичну енергію потоку, то вони називаються **активними**. В таких турбінах $Z_1 = Z_2$, $p_1 = p_2$, тобто вода поступає на робоче колесо без надлишкового тиску. Для досягнення високого ККД у них майже весь напір перетворюється у швидкість.

Якщо гідротурбіни використовують хоча б частково потенціальну енергію, то вони називаються реактивними. У них

$$Z_1 - Z_2 + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} > 0,$$

і таким чином процес перетворення енергії на робочому колесі проходить з надлишковим тиском. А крім того, у робочому колесі таких гідротурбін частково використовується і кінетична енергія потоку.

Корисна потужність гідротурбіни може бути записана так:

$$N_T = 9,81 \cdot Q_T H_T \eta_T.$$

Із цієї формули видно, що комбінації Q_T і H_T можуть бути різноманітними, і таким чином одну і ту ж потужність можна отримувати при малому Q_T і великому H_T , і навпаки.

Гідротурбіни поділяють на спеціальні класи. **Клас реактивних гідротурбін** поєднує такі системи: **осьові** (пропелерні та поворотно-лопатні), **діагональні** та **радіально-осьові** гідротурбіни) (рис. 36).

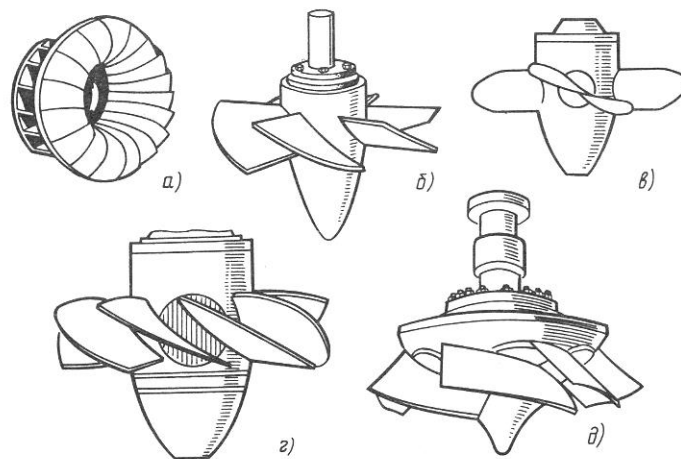


Рис. 36. Загальний вигляд робочих колес реактивних турбін
а) – радіально-осьова; б) – пропелерна; в) – поворотно-лопатева;
г) – двоперова; д) – діагональна

У класі активних гідротурбін найбільшого розповсюдження знайшли **ковшові** турбіни (рис. 37).

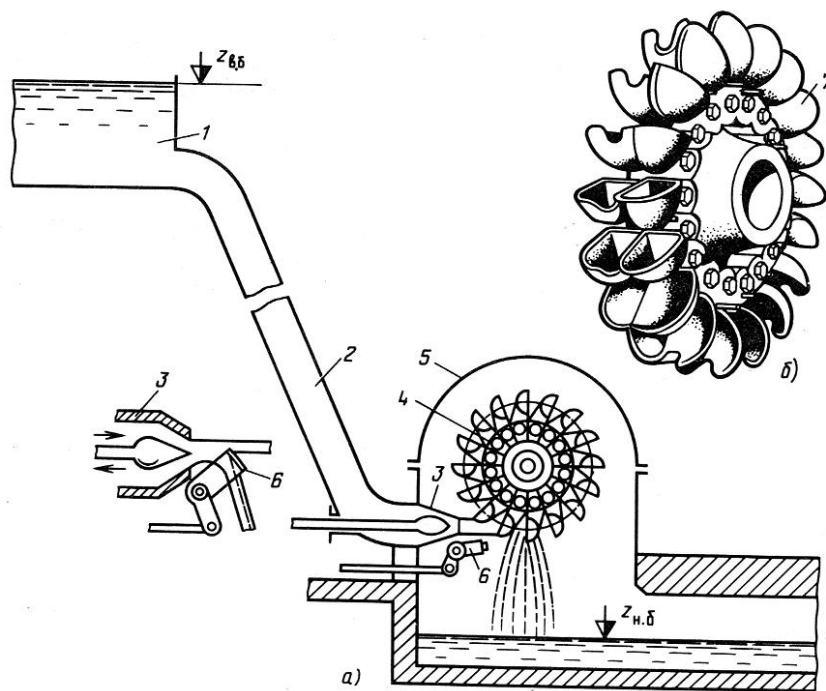


Рис. 37. Принцип дії активної (ковшової) турбіни

Гідротурбіни умовно розподіляють на **малі, середні і великі**. До **малих** відносять гідротурбіни з діаметрами робочих колес $D_1 \leq 1,2$ м. При низьких напорах $H_T < 25$ м і $D_1 \leq 0,5$ м, при високих напорах $H_T > 80$ м, у яких потужність складає не більше 1000 кВт. До **середніх** відносять гідротурбіни, у яких діаметр робочого колеса $1,2 \leq D_1 \leq 2,5$ м - при низьких напорах і $0,5 \leq D_1 \leq 1,6$ м – при високих, а потужність $1000 \text{ кВт} \leq N_T \leq 15000 \text{ кВт}$. До **великих** відносять гідротурбіни, які мають D_T і N_T більшими, ніж у середніх.

Активні гідротурбіни. Як уже було сказано раніше, серед активних турбін найбільш розповсюдженою є **ковшова турбіна (турбіна Пельтона)**. Її принципова схема наведена на рис. 40. Вода з **верхнього б'єфу 1** за допомогою **трубопроводу 2** подається до **робочого колеса 4**.

Це **робоче колесо** представляє собою **диск**, який закріплений на **горизонтальному валу** турбіни (інколи і вертикальному), і обертається в повітрі. По окружності диска розташовані **ковшоподібні лопаті 7**. На цих ковшах гідралічна енергія струму перетворюється у механічну. Ковші рівномірно розподіляються на ободі робочого колеса і послідовно, один за другим, при його обертанні «сприймають» струм води.

Вода підводиться через **сопло 3**, в якому є **регулююча голка**. У соплі вся енергія, яка підводиться до нього з трубопроводу, перетворюється у кінетичну (за відрахуванням втрат). І робоче колесо, і сопла розміщуються у **замкнутому кожусі 5**. Голка, яка переміщується впродовж сопла, змінює його вихідний перетин і регулює діаметр вихідного струму, а значить і розхід води через сопло. За допомогою голки можна повністю закрити сопло і зупинити турбіну. Вода після того, як вона віддала свою енергію колесу, стікає з нього у **відвідний канал** (нижній б'єф). Щоб у трубопроводі не було **гідралічного**

удару, голка зачиняється повільно. Для швидкого відхилення струму в робочому колесі у разі необхідності застосовується **відхилювач 6**, який відкидає воду в бік. І голка, і відхилювач працюють одночасно і здійснюють **регулювання** розходу і потужності турбіни.

Ковшові турбіни застосовують, як правило, на ГЕС з напорами більше ніж 300 м.

Реактивні турбіни. Як було сказано нижче, до реактивних турбін відносяться: радіально-осьові, пропелерні, поворотні-лопатні та діагональні. Загальний вигляд робочих колес таких турбін наведено на рис. 35.

Реактивні турбіни відрізняються від активних тим, що у них робочі колеса розташовані повністю у воді, і тому потік води передає енергію одночасно всім лопатям робочого колеса. У таких турбінах частина енергії води знаходиться перед робочим колесом в кінетичній формі, а інша являє собою потенційну енергію, яка відповідає різниці тиску до і після колеса.

Надлишковий тиск $\frac{p}{\rho g}$ по мірі протікання по проточному тракту робочого колеса витрачається на збільшення відносної швидкості, тобто на створення реактивного тиску потоку на лопаті. Зміна напрямку потоку за рахунок кривизни лопатей призводить до виникнення **активного тиску** потоку. І таким чином на лопаті робочого колеса діють дві сили – реактивного та активного тисків.

Радіально-осьові гідротурбіни (РО) Такі турбіни називають ще турбінами Френсиса. Вони характерні тим, що вода при вході на робоче колесо рухається в радіальній площині, а після робочого колеса – в осьовому напрямку. Ці турбіни використовуються в більшості ГЕС з напорами від 40–65 м.

Робоче колесо P_o турбіни (рис. 38) складається з ряду **лопатей 2** складної просторової форми, які рівномірно розташовані по окружності **ступиці 1** і **ободу 3**. Всі ці елементи об'єднані у жорстку конструкцію. Кількість лопатей може коливатись залежно від напору. За діаметр робочого колеса D_1 приймається **направляючий апарат, що має лопатки**, які повертаються біля своїх осей на відповідні кути і забезпечують пропуск води до робочого колеса і зміну її розходу. **Направляючий апарат** створює, крім того, найкращий для обтікання лопатей напрямок потоку води, що підвищує ККД турбіни. Лопаті робочих колес мають в перетині по лінії потоку обтічну форму.

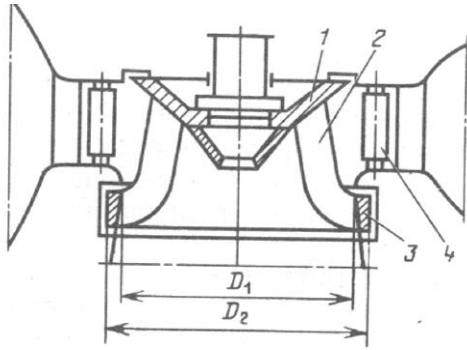


Рис. 38. Робоче колесо радіально-осьової гідротурбіни

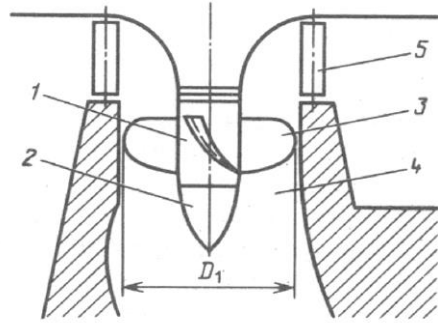


Рис. 39. Робоче колесо пропелерної гідротурбіни

Зараз конструктори створили унікальні РО гідротурбіни, як по потужності (600–700 МВт) так і за розмірами (діаметр робочого колеса 9,5 м). Такі турбіни стоять, наприклад, на Красноярській та Саяно-Шушенській ГЕС у Росії та на Гранд-Кулі ГЕС у США.

Пропелерні гідротурбіни (ПР). Робоче колесо такої турбіни (рис. 39) складається із **корпуса (втулки) 1** з **обтікачем 2** і **лопатей 3**, які встановлені під відповідним **кутом 4**. Робоче колесо такої турбіни нагадує гребний гвинт судна, або пропелер літака. На лопаті робочого колеса потік поступає тільки в осьовому напрямку, через що такі гідротурбіни називають осьовими (інколи **турбінами Каплана**).

Для підведення води до **направляючого апарата 5** гідротурбіни служить так звана **спіральна камера**. Щоб забезпечити, рівномірне по всьому периметру направляючого апарата живлення водою робочого колеса, турбінну спіральну камеру виконують з перетином, що поступово звужується.

Кількість лопатей робочого колеса залежить від напору і може коливатися від 3-х до 8. Лопаті закріплені нерухомо на втулці під постійним кутом, який відліковується від деякого середнього положення ($\rho = 0$).

Основні переваги пропелерних турбін складають їх простота і порівняно високий ККД. Але вони мають суттєвий недолік, який полягає у тому, що при зміні навантаження на турбіну їхній ККД різко змінюється. Але цей недолік стає несуттєвим, коли основне призначення ГЕС з цими турбінами полягає у покритті графіку навантаження.

Поворотно-лопатеві гідротурбіни (ПЛ). Конструктивно поворотно-лопатеві турбіни нічим не відрізняються від пропелерних, але у них у процесі роботи **лопаті робочого колеса можуть повертатися** коло своїх осей, перпендикулярних осям вала (рис. 40).

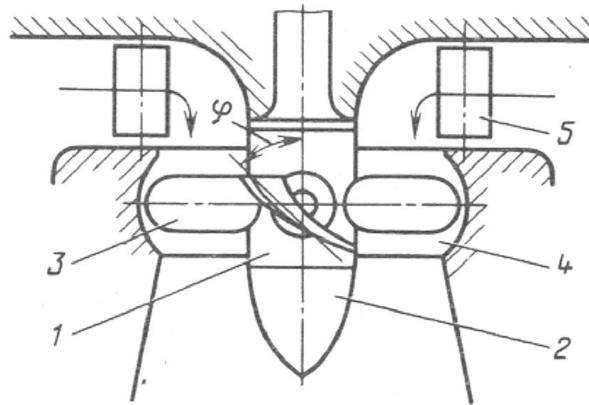


Рис. 40. Робоче колесо поворотно-лопатевої турбіни:
1 – корпус робочого колеса; 2 – обтічник; 3 – лопаті; 4 – камера робочого колеса;
5 – лопатки направляючого апарата

Потужність, яку віддає робоче колесо такої гідротурбіни і його ККД, при заданому напорі залежить і від відкриття лопаток направляючого апарата 5 і від кута повороту φ лопатей відносно втулки. Крива, яка встановлює залежність кута повороту лопаток направляючого апарата від кута повороту лопатей робочого колеса, при яких досягається найвищий ККД турбіни при данім напорі, називається **комбінаторною кривою**. Конструктивно ПЛ турбіни виконуються так, що лопаті гідротурбіни можуть автоматично повертатися на деякий (**оптимальний**) кут одночасно з поворотом лопаток направляючого апарата, тобто здійснюється принцип подвійного регулювання, який забезпечує постійне підтримання максимального ККД у широкому діапазоні зміни потужності.

ПЛ-гідротурбіни установлюється на ГЕС з напорами від 3 до 45 м, а останнім часом взагалі до 70÷80 метрів. Найбільші поворотно-лопатеві турбіни з діаметром робочого колеса **10,3** м виготовлені на Харківському турбінному заводі для Саратовської ГЕС.

Діагональні гідротурбіни (Д). Вони застосовуються в тих випадках, коли треба забезпечити можливість роботи основних гідротурбін в зоні високих напорів. На відміну від радіально-осьових гідротурбін діагональні турбіни мають конусоподібну втулку з розвільними на ній під деяким кутом до осі обертання колеса лопатями (число їх доходить до 14) (рис. 35, д).

Мінімальний ККД діагональних гідротурбін на 1,5÷2,5 % вище ніж у осьових. Разом з тим їх конструкція складніша ніж конструкції радіально-осьових та осьових турбін, а у цілому ряді випадків вони мають гірші, ніж у попередніх турбін, **кавітаційні якості**.

Діагональні гідротурбіни не набули широкого розповсюдження, але вони можуть бути дуже корисними при напорах від 40 до 200 м і особливо при значних коливаннях навантаження.

Поворотно-лопатеві гідротурбіни можуть виконуватись не тільки вертикальними, але й в горизонтальному виконанні (рис. 41). А реактивні гідро-

турбіни можуть виконуватися і зворотними, що вкрай потрібно для гідроакумуючих станцій (ГАЕС).

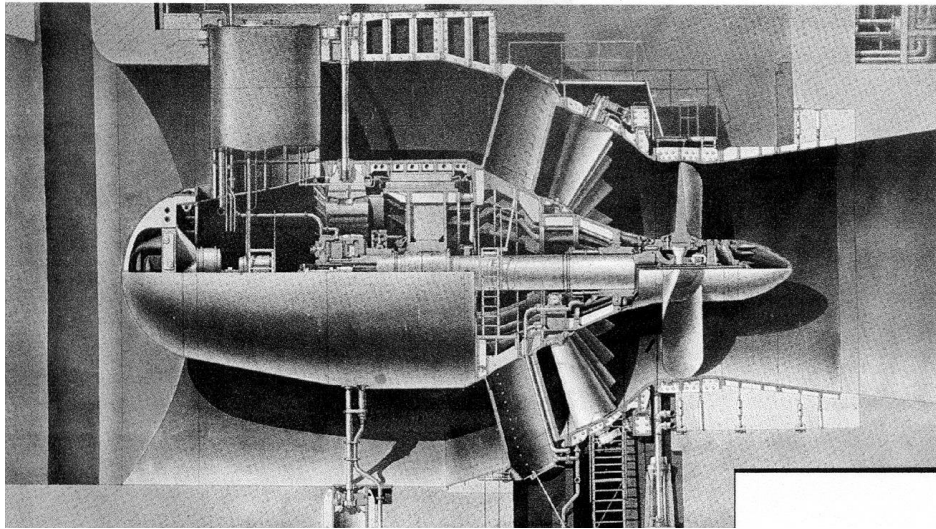


Рис. 41. Загальний вигляд горизонтальної поворотно-лопатевої гідротурбіни

9.4.3. Гідроакумуючі станції

Останнім часом широкого розповсюдження знайшов ще один вид гідроелектростанцій, який отримав назву гідроакумуючих ГЕС (ГАЕС).

Будова такої станції дуже проста (рис. 42). Вона складається із **двох водоймищ** – верхнього та низового, та **насос-турбін**, які можуть працювати і як насоси і як турбіни. Сама назва станції «гідроакумуюча» говорить про те, що в її завдання входить забрати із електричної мережі «надлишок» енергії у той час, коли у неї є «провали» навантаження, і з її допомогою перекачати відповідну кількість води із нижнього водоймища у верхнє, створюючи таким чином запас потенціальної енергії, або інакше акумулюючи її. Це, як правило, відбувається у нічний період, коли навантаження енергосистеми сильно знижується.

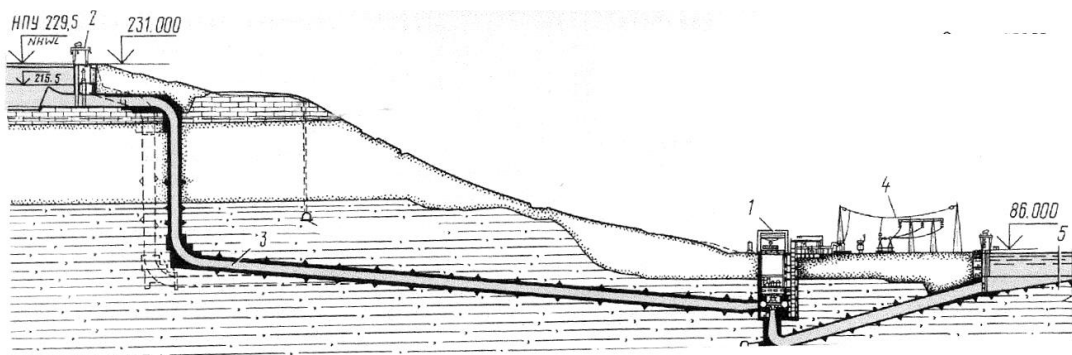


Рис. 42. Принципова технологічна схема ГАЕС:

- 1 – машзал ГАЕС; 2 – водоприймач; 3 – підводячі напорні водоводи;
4 – трансформаторна площадка; 5 – нижнє буферне водосховище

У період навантаження енергосистеми, запасена у верхньому басейні вода, пропускається через турбіни ГАЕС і зв'язані з ними, генератори виробляють електроенергію. Якщо при цьому у верхнє водосховище не поступає природна приточність, і один і той же обсяг води (без урахування на випарювання та фільтрацію) перекачується вверх і спускається донизу, то такі гідроакumuлюючі електростанції носять назву ГАЕС чистого типу. Якщо ж є постійний приток води у верхнє сховище, то у такому випадку створюється ГЕС змішаного типу, або як її ще називають ГЕС– ГАЕС.

Загальний вигляд ГАЕС на місцевості наведена на рис. 43.



Рис. 43. Загальний вигляд Загорської ГАЕС

Перевагою ГАЕС у сучасних умовах роботи енергетичних систем є те, що вона штучно створює гідроенергетичні ресурси, що важливо для тих районів, де цих ресурсів недостатньо. Крім того, ГАЕС грає суттєву роль у покритті добового графіку навантаження системи, створюючи додаткове навантаження у години нічного попиту на електроспоживання та пікову потужність у час підвищеного попиту на електроенергію. Що до коефіцієнту корисної дії ГАЕС, то визначають ККД насосного та турбінного режимів і тому він буде меншим ККД ГЕС і звичайно не перевершує 70–78%. Однак, цей недолік пом'якшується тим, що денна енергія, коли ГАЕС працює у турбінному режимі, оцінюється значно вище нічної.

Енергетична ефективність ГАЕС у значній мірі визначається використанням напором. Чим більше напір, тим меншими обсягами водоймищ можна обійтись для отримання однієї і тієї ж установленної потужності. Тому високонапірні ГАЕС мають кращі техніко-економічні показники. Крім ГАЕС добового циклу акумулювання можуть бути ГАЕС із більш тривалими циклами – тижневими, сезонними. Всього у світі експлуатуються та будуються більш як 200 ГАЕС, які охоплюють діапазон напорів від декількох до 1770 м. В Україні діє Київська ГАЕС, потужністю 225 МВт, будується Дністровська ГАЕС потужністю 1200 МВт та передбачається будівництво Канівської ГАЕС потужністю 1000 МВт.

9.4.4. Малі гідроелектростанції

До малих ГЕС відносяться гідроелектростанції, які споруджуються на малих річках та на будь-яких водотоках. Від цього залежить і потужність їхніх гідроагрегатів. Зараз прийнята така класифікація малих ГЕС:

мікро-ГЕС – станції з потужністю гідроагрегатів до 100 кВт;

міні-ГЕС – станції з потужністю гідроагрегатів до 1000 кВт;

малі ГЕС – станції з потужністю гідроагрегатів більших ніж 1000 кВт і загальною потужністю до 30 МВт.

Бурхливий розвиток малих ГЕС припадав на 1920-30 роки, коли вони вирішували проблему електропостачання сільського господарства.

З початку 1920-х років в Україні нараховувалося 84 гідроелектростанції загальною потужністю 4000 кВт, а наприкінці 1929 року – вже 150 станцій загальною потужністю 8400 кВт, серед них Вознесенська (840 кВт), Бузька (570 кВт), Сутиська (1000 кВт) та ін. 1934 року було введено в експлуатацію Корсунь-Шевченківську ГЕС (2650 кВт), яка за своїми технічними показниками була однією з найкращих станцій того часу.

У післявоєнний період електрифікація сільського господарства теж ґрунтувалася на збільшенні потужностей та поліпшенні техніко-економічних показників малих електростанцій.

На початку 50-х років кількість збудованих малих гідроелектростанцій в Україні досягла 956 із загальною потужністю 30 тис. кВт. Однак, через розвиток централізованого електропостачання та стійку тенденцію до концентратів виробництва електроенергії на потужних тепло- та гідроелектростанціях, будівництво малих ГЕС було зупинено. Почалась їх консервація та демонтаж. Сотні малих ГЕС було зруйновано. Сьогодні в Україні збереглося всього 46 малих ГЕС.

Тепер через крайній дефіцит енергоресурсів на Україні, інтерес до розвитку малої гідроенергетики знову виріс. На рівні Уряду держави, було прийнято Наказ-постанову про будівництво малих ГЕС різних типів та про заохочення інвесторів до підтримки цього напрямку, шляхом надання деяких пільг, через введення так званого «зеленого тарифу».

Зараз в Україні нараховується понад 63 тис. малих річок і водотоків загальною довжиною 135,8 тис. км., з них близько 60 тис. (95%) – дуже малі (довжина менше ніж 10 км), їхня сумарна довжина – 112 тис. км, тобто середня довжина такого водотоку – 1,9 км. Більшість малих річок довжиною менше ніж 10 км мають площу водозбору від 20, 1 до 500 км (87% всієї кількості і 72 % всієї довжини малих річок України). Малих річок з площею водозбору від 50,1 до 100 км² нараховується 890 (28% всієї кількості), а 797 річок (25%) мають площу водозбору 20,1 – 50 км².

Серед цих річок більша половина має передумови для будівництва на них малих ГЕС. Економічно доцільний енергетичний потенціал таких ГЕС на сьогоднішній день складає млрд. кВтг.

Розвиток малої гідроенергетики на найближчий час передбачає відновлення та реконструкцію старих гідростанцій та побудову цілої низки нових малих ГЕС.

Гідроенергетичний потенціал малих річок України наведено в табл. 4

Таблиця 4 – Гідроенергетичний потенціал малих річок України

Басейн	Гідроенергетичні ресурси, млн кВт · г/рік	Технічний гідропотенціал, млн кВт · г/рік
Південний Буг	53	10,6
Дністер	3751	1500
Тиса	8196	3278
Серет	38	15
Прут	2400	960
Річки Криму	211	84
Малі річки в басейнах Дніпра, Сіверського Дінця, Південного Бугу	2716	543
Всього	17365	6390

Для малих ГЕС застосовуються ті ж типи гідротурбін, що і для великих ГЕС.

Найбільш простим класом малих ГЕС є мікро-ГЕС, які використовують головним чином кінетичну енергію потоку води. Такі гідроагрегати випускаються уже з змонтованими на загальній ролі (основі) турбіною і генератором, а часто і з блоком автоматичного регулювання напруги і частоти обертання.

Міні-ГЕС та малі ГЕС мають всі ті ж гідротехнічні споруди, що і великі ГЕС (греблі, водозбірники, машинні зали, т.д.).

Мікро- та міні-ГЕС можуть монтуватись шляхом вставлення в потік блоку, який поставляє в зібраному виді завод-поставщик. Такими потоками можуть бути струмки канами заповнені водою, які стікають зі ставків, трубопроводи водоскидів промислових підприємств, дуже мала річка і т.д.

Зіставити вартості електроенергії міні-ГЕС дуже важко, оскільки вартість виробленої електроенергії залежить від таких факторів:

- місце будівництва та трудовитрати на будівництво;
- багатофункціональність інженерних споруд (дамба та інші гідротехнічні споруди можуть бути головними об'єктами для зрошування, водопостачання району і тільки в другу чергу для міні-ГЕС);
- умови фінансування;
- вплив на довкілля та соціальні умови;
- потужність турбіни.

Через зазначені причини вартість електроенергії змінюється в кожній місцевості. Однак слід зазначити, що вартість електроенергії, виробленої на малих ГЕС, майже в 10 разів вища, ніж вироблена на гідротурбінах великої потужності, і становить 4,6 цента за 1 кВт · г і навіть більше.

Чиста технологія вироблення електроенергії на таких ГЕС є основою запорукою зниження викидів CO₂ та інших техногенних сполук в повітря.

Слід зазначити, що негативний вплив на довкілля, характерний для великих ГЕС (порушення теплового, гідравлічного та кліматичного стану місцевості), не характерний для малих ГЕС, які використовують природні водні напори без необхідності будівництва масштабних гідротехнічних споруд.

Досвід деяких держав свідчить, що освоєння потенціалу малих річок з використанням малих ГЕС і міні-ГЕС допомагає вирішити проблему поліпшення енергопостачання. Найбільш ефективними є малі ГЕС, які будуються на наявних гідротехнічних спорудах. Питомі капіталовкладення для новоспоруджених ГЕС (США) потужністю 10 МВт і більше становлять 1100 – 1400 дол./кВт, а потужністю до 1 МВт – 6800–8700 дол./кВт. Будівництво малої ГЕС потужністю 1 МВт коштує від 0,5 до 2 млн доларів. Прибуток від неї становить 300 тис. доларів на рік, а термін окупності капітальних вкладень – 2–6 років.

Устаткування для малих ГЕС до сьогодні виробляють чисельні фірми США, Японії, Швеції, Швейцарії, Франції, Австрії, Великої Британії. Виробництво такого устаткування розпочато і в державах Східної Європи. Стандартизоване устаткування для малих ГЕС виробляється в широкому діапазоні параметрів: потужність – від 2 до 15000 кВт; діаметр робочих колес турбін – від 190 до 3000 мм, частота обертання від 50 до 2000 об/хв., напір – від 1 до 1000 м, витрати води – від 0,0 і до 0,75 м³/с. Значну увагу приділяють підвищенню економічної ефективності малих ГЕС за рахунок спрощення їх проектування, будівництва та експлуатації, типізації проектних рішень, стандартизації устаткування та повної автоматизації роботи ГЕС. У таблиці 5 наведені деякі показники ефективності МГЕС різних країн.

Таблиця 5 – Показники ефективності МГЕС різних країн світу

Держава	Потужність, МВт	Перепад висоти, м	Витрати води, м ³ /с	Вартість проекту, дол. США	Період окупності, рік
Франція	0,2	58	0,4	50 тис.	10
Німеччина	3,1	2,6	140	16 млн	10,4
Греція	3,75x3	15	80	41 млн	9,5
Великобританія	0,6	102	50	100 тис.	10

Мала енергетика України через її незначну питому вагу (0,2 %) у загальному енергобалансі не може суттєво впливати на умови енергозабезпечення країни. Однак експлуатація малих ГЕС дає можливість виробляти близько 250 млн кВт · г електроенергії за рік, що еквівалентно щорічній економії до 75 тис. т дефіцитного органічного палива.

9.5. Відновлювана енергетика

Всі розглянуті раніше типи електростанцій та енергоносії, які використовуються на них для виробки електроенергії, складають основу **так званої**

традиційної енергетики, тобто такої, яка існує і ефективно працює вже багато років.

Населення Землі постійно зростає, і відповідно постійно зростає споживання електроенергії, а запаси невідновлюваних енергоресурсів швидко вичерпуються. На рівні з нестачею традиційних енергоресурсів у наростаючому темпі стали проявлятися негативні явища, пов'язані з роботою електростанцій, а саме, теплове, хімічне, радіоактивне забруднення оточуючого середовища.

У 1997 році представники більш як 160 країн світу зібрались у місті Кіото (Японія) на третю конференцію ООН для розгляду проблеми зміни клімату. За результатами конференції був підписаний проект угоди про скорочення виробничих викидів газів, які є основною причиною глобального потепління.

За цих умов зріс інтерес людства до **поновлюваних джерел енергії**, до яких відносяться: **сонячна енергія, енергія вітру, енергія річок, припливів та океанських хвиль, енергія, яка заключна у біомасі та в органічних відходах**. Швидкими темпами почали розроблятися нові типи електростанцій, які започаткували новий вид енергетики, який все частіше стали називати **нетрадиційною енергетикою**. Застосування нетрадиційної енергетики особливо актуально для України через брак енергоносіїв.

Розглянемо окремі види нових типів електростанцій.

9.5.1. Фотоелектричні системи

Геліоенергетика сьогодні має дві технології використання сонячної енергії:

- перетворення сонячної енергії в електричну;
- сонячне теплопостачання.

Сонячна енергія може бути перетворена в електричну енергію безпосередньо або побічно. Пряме перетворення сонячної енергії в електричну може бути здійснене за рахунок використання фотоелектричного ефекту.

Фотоелектричний ефект полягає у повному або частковому звільненні заряджених часток у речовині, у результаті поглинання квантів оптичного діапазону (фотонів). Світло (фотони), потрапляючи на матеріал, здатне вибивати з його поверхні електрони. Теоретичне пояснення фотоелектричного ефекту було дано в 1905 році Ейнштейном. Згідно з ним електромагнітне випромінювання складає потік окремих квантів (фотонів) з енергією $h\nu$ кожен, де h – постійна Планка.

При фотоелектричному ефекті частка падаючого електромагнітного випромінювання від поверхні металу відбивається, а частка проникає всередину поверхневого шару металу і там поглинається. Поглинувши фотон, електрон отримує від нього енергію і, здійснюючи роботу виходу, покидає метал. Тоді

$$h\nu = A_{out} + W_e,$$

де W_e – максимальна кінетична енергія, яку може мати електрон при вилітанні з металу.

Для того щоб кількість цих електронів була достатньою для створення струму, були розроблені спеціальні сонячні елементи (**фотоелементи**), які

складаються з двох типів матеріалу з різною електропровідністю. Найчастіше фотоелементи роблять на основі кремнію, другого за поширеністю на Землі елемента.

Структура фотоелемента нагадує «сендвич» з кремнію (рис. 44). На один шар кремнію наноситься певна речовина, завдяки якій утворюється надлишок електронів, яка складає негативно заряджений («N») шар. На іншому шарі створюється недолік електронів, він стає позитивно зарядженим («P») шаром. Зібрані разом з провідниками ці дві поверхні утворюють світлочутливий електронно-дірчастий перехід. Він є напівпровідником, оскільки на відміну від електропроводу проводить струм тільки в одному напрямку – від негативного до позитивного. При дії сонця або іншого інтенсивного джерела світла виникає постійний струм напругою близько 0,5 В. Сила струму пропорційна кількості фотонів, які попадають на поверхню фотоелемента. У будь-якій фотоелектричній системі напруга майже постійна, а струм пропорційний розміру фотоелементів і інтенсивності світла.

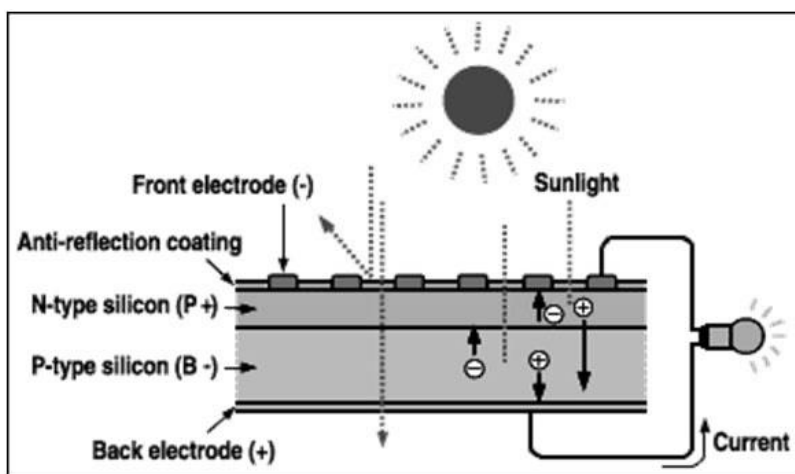


Рис. 44. Структура фотоелектричного елемента

Ефективність сучасних фотоелементів ще низька – у середньому 10–15 %. І хоча існують перспективні розробки, з ККД фотоелементів близько 30 %, вартість енергії, отриманої за допомогою сонячних батарей, залишається високою, у середньому вона у 4 рази дорожча геліотермічної.

Для живлення споживачів енергією від фотоелектричних установок використовується схема, наведена на рис. 45.

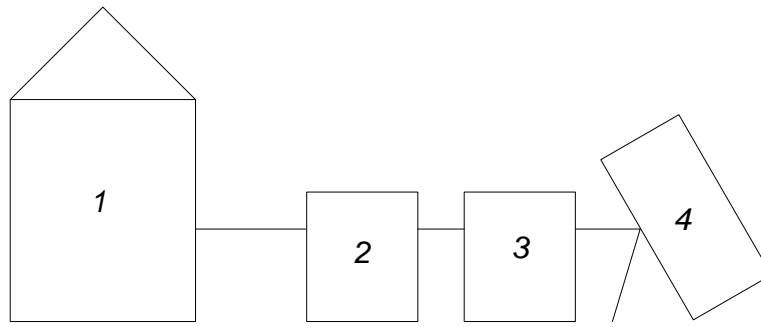


Рис. 45. Схема сонячної енергетичної установки:
1 – споживач; 2 – інвертор; 3 – акумуляторна батарея; 4 – сонячна батарея

Сонячні елементи відрізняються між собою, перш за все, тим, яку частку сонячного випромінювання вони можуть перетворити в електричну енергію. Зрозуміло, що ефективність роботи елементів залежатиме від того, на якій географічній широті вони розташовані, а також під яким кутом на них падають сонячні промені.

Недоліком сонячних батарей є те, що вони вимагають акумуляторів для забезпечення безперебійного електропостачання споживачів вночі і у похмурі дні. Крім того, виникає проблема з утилізації відпрацьованих елементів.

Генерація електроенергії за рахунок використання сонячних батарей є одним із **найбільш екологічно чистих способів**. Сонячні батареї не створюють шуму, не залишають відходів, не споживають палива, окрім сонячного світла. У батарей немає механізмів, які рухаються, тут не споживаються і не виділяються ніякі побічні речовини.

Непряме перетворення енергії сонця в електроенергію відбувається з використанням термодинамічного циклу на так званих сонячних електростанціях баштового типу (СЕС). Вони відрізняються від звичайних ТЕС, що працюють на органічному паливі, тим, що у них вода перетворюється на пару за рахунок теплової енергії сонця. Для цього сонячне світло за допомогою системи дзеркал (**геліоконцентраторів**) концентрують на спеціальний сонячний котел, з якого водяну пару, що утворилася, направляють у звичайну парову турбіну. Спрощена технологічна схема такої СЕС наведена на рис. 46.

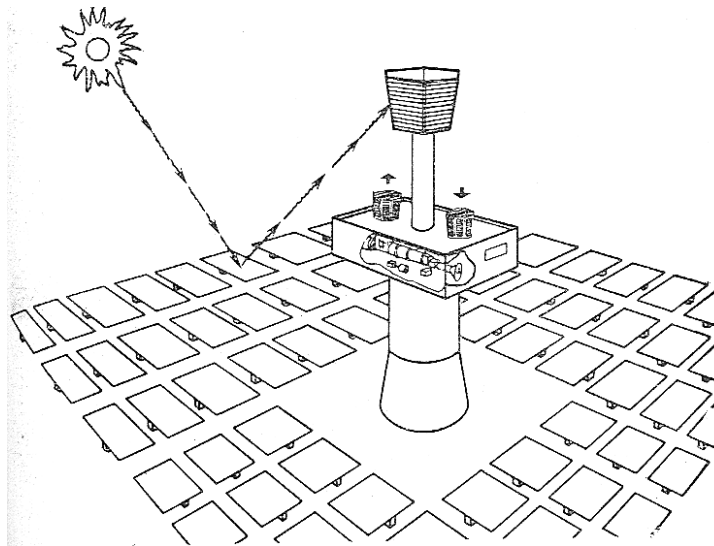


Рис. 46. Сонячна електрична станція з геліоконцентраторами

За рахунок використання сучасних технологій вартість електроенергії, отриманої на сонячній електростанції, наблизилася до вартості енергії, отриманої на атомних електростанціях.

Технічна складність підтримки ефективної роботи СЕС (може працювати тільки при прямому освітленні сонячними променями) і достатньо великі площі дзеркал, які необхідні для отримання достатніх для промислового використання об'ємів електроенергії, стримують швидкий розвиток цього напрямку сонячної енергетики. Так, для електростанції потужністю у 1000 МВт необхідна площа встановлених сонячних колекторів складає (13–25) км², залежно від географічного розташування електростанції. Це більше, ніж площа, яку займає звичайна електростанція, але менше, ніж площа, яку займає станція і відкритий кар'єр для видобутку споживаного нею вугілля.

9.5.2. Геліоколектори

Для використання сонячної теплової енергії для задоволення потреб опалювання або гарячого водопостачання використовуються сонячні геліоколектори. ККД таких установок лежить у межах від 40 до 60 %, а у разі використання концентраторів досягає (80–85) %.

За типами геліоколектори діляться на:

- плоскі;
- відкриті;
- вакуумні.

Найбільшого поширення набули плоскі геліоколектори, тому зупинимося на них детально.

Принцип роботи плоского геліоколектора наведена на рис. 47. Промені сонця, проникаючи через скло колектора (80–85 % променевого потоку, що поступає) зустрічаються з чорним дном колектора (абсорбером) і значною мірою поглинається ним. Абсорбер починає випромінювати інфрачервоне випромінювання, яке не може проникнути крізь скло назовні; знизу витіку тепла запобігає шар теплоізолюючого матеріалу. Акумуляоване таким чином те-

пло передається теплоносію, який протікає по трубках, розташованих на дні колектора. Для використання цього теплоносія використовуються активні і пасивні системи.

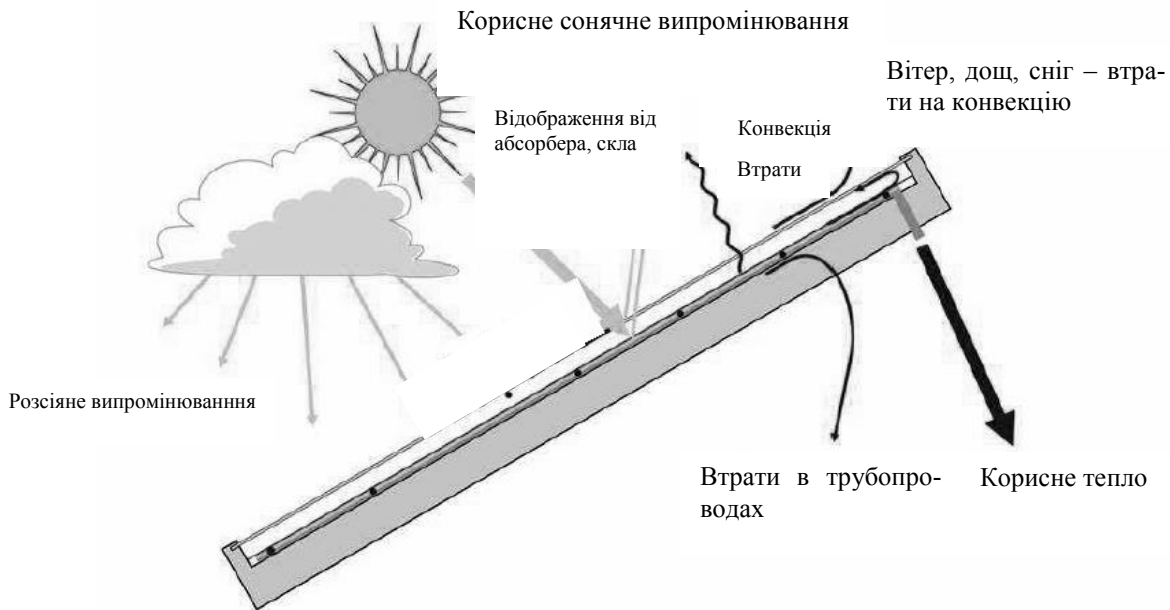


Рис. 47. Принцип роботи сонячного геліоколектора

В активних системах або їх ще називають системами з примусовою циркуляцією теплоносія, теплоносій перекачується за допомогою насосів (рис. 48). У пасивних системах перекачування теплоносія здійснюється за рахунок перепаду температури і тиску та природної конвекції (рис. 49).

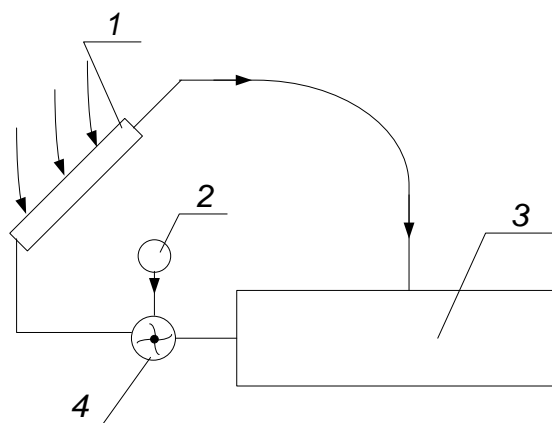


Рис. 48. Нагрівальна система з примусовою циркуляцією:
1 – приймач випромінювання (геліоколектор); 2 – регулятор;
3 – ізольований накопичувач; 4 – насос

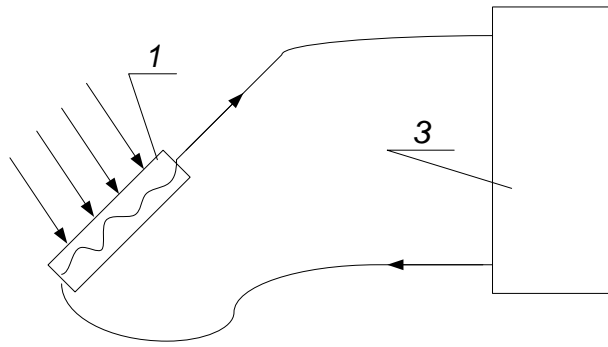


Рис. 49. Нагрівальна система з природною циркуляцією:
1 – приймач випромінювання (геліоколектор); 3 – ізольований накопичувач тепла

Для систем з природною циркуляцією нагрівач повинен розміщуватися нижче ніж накопичувач нагрітої води.

9.5.3. Вітроенергетичні установки

Людина почала використовувати силу вітру дуже давно, вже більше як 2000 років, спочатку в судноплавстві, а далі – для заміни своєї м'язової сили. Перші найпростіші вітрові двигуни (або як їх раніше називали – вітряки) застосовували у глибокій давнині в Єгипті та Китаї. Це були перші вітрові млини, залишки одного із яких збереглися біля міста Олександрії в Єгипті і донині. З XIII століття крильчасті вітроподвигуни набули широкого розповсюдження у Західній Європі, і особливо у Голландії і Данії для підйому води, розмелу зерна та приведення у дію деяких верстаків. На початку XX сторіччя в одній тільки Росії нараховувалося більше як 250 тис. вітрових млинів, які розмелювали половину врожаю країни.

З розвитком техніки, особливо електроенергетики, про вітер забули і до його енергії почали відноситися скептично. Але тепер в умовах вичерпаності та гострої недостатності органічних енергоносіїв та катастрофічної забрудненості довкілля багатьом стало ясно, що вітроелектростанції (ВЕС) – це солідний резерв для всього людства. Індустрія ВЕС здатна забезпечити **12 % світової потреби в енергії до 2020 року**, навіть якщо теперішній рівень її використання подвоюється.

У силу вітру повірили далеко не всюди, тому застосування ВЕС поки що йде нерівномірно, але вже перший накопичений досвід показує, що ці станції можуть бути вигідними як великим, так і середнім державам, таким як Німеччина і Іспанія, та порівняно невеликим, таким як Данія. Ця трійка держав входить у провідну світову п'ятірку з виробництва енергії за допомогою вітру, до якої відносяться ще США та Індія.

Розвиток ВЕС у країнах однієї лише Європи здатен суттєво скоротити обсяги споживання нафти, мазуту, вугілля і зменшити шкідливі викиди в атмосферу в повному обсязі, передбаченому Кіотським протоколом. До 2020 року потужність вітроелектростанцій в Європі виросте до 150000 МВт, що буде відповідати можливостям 235 середніх (з потужністю до 600 МВт кожна) атомних електричних станцій. Найбільш вражаючим є те, що Данія пла-

нує покривати за рахунок вітроенергетики до 50 % загальної потреби в електроенергії країни, а США – до 25 %.

Розглянемо вітроенергетичні ресурси України (рис. 50).



Рис. 50. Потенціал вітру в Україні

Основний вплив на вітровий режим території України мають Атлантичний та Північний Льодовий океани. Важливе значення для формування клімату окремих регіонів мають гори, їх висота і напрямок їх розташування. Мова йде про Карпати, Подільське та Волинське узгір'я, Донецький Кряж та Кримські гори. Для інших регіонів має значення близькість Чорного та Азовського морів, а також рівнинний характер місцевості (наприклад, Причорноморська низина).

Існує критерій, який побудований на основі середньорічної швидкості вітру, при якому **ВЕУ рентабельна** і себе окупає. Ця **швидкість** знаходиться у діапазоні **5,1÷5,9 м/с**. Для сучасного технічного рівня ВЕУ використовуються райони з указаними середньорічними швидкостями вітру на висоті флюгера, який дорівнює 10 м. І саме тому попередня оцінка вітрових характеристик території України дається з використанням саме цього критерію.

Аналіз даних багаторічних спостережень 214 метеостанцій за довгий період часу свідчить про те, що в Україні переважають вітри від 0 до 5 м/с. Такі вітри дують на 70 % території і лише на 30 % території країни дує вітер, який забезпечує ефективність роботи.

Загальна встановлена потужність вітрогенераторів у перспективних районах України оцінюється у 16000 МВт, що може забезпечити виробку електроенергії в 30 млрд кВт · г на рік і середньорічний обсяг заміщення традиційних паливно-енергетичних ресурсів до 10,8 млн т.у.п. на рік.

За середньорічними швидкостями вітру більше ніж 5 м/с можна виділити сім регіонів і дві зони (рис. 54). До таких регіонів відносяться Карпатський, Причорноморський, Приазовський, Донбаський, Західно-Кримський, Східно-Кримський, до зон – Харківська і Полтавська.

У цілому територіальні особливості України і вітрові умови сприятливі для будівництва вітроелектростанцій.

У всіх вітродвигунів використовується один і той же принцип роботи. Вітер обдуває поверхню лопаті, і виникає при цьому біля його поверхні розрідження створює силу, яка, діючи на лопаті, що жорстко скріплені з віссю, примушує її обертатися. Таким чином кінетична енергія вітру перетворюється спочатку в механічну енергію обертання валу вітроколеса і далі через електричний генератор в електричну енергію.

Сучасна вітроенергетика базується в основному на застосуванні вітродвигунів (ВД) горизонтально-осьових, пропелерних ВД з горизонтальною віссю обертання (рис. 51).

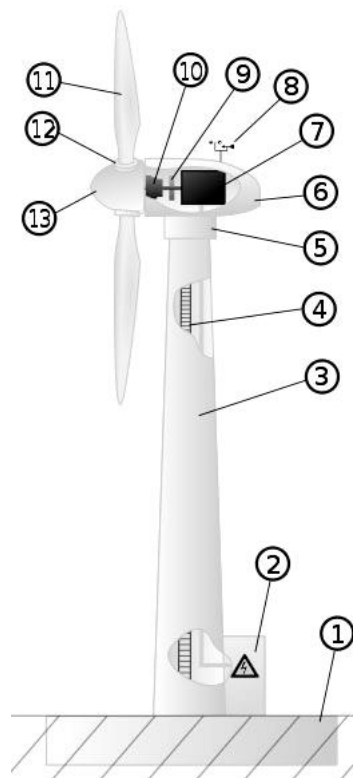


Рис. 51. Конструктивна схема ВЕУ з горизонтальною віссю обертання:

- 1 – фундамент; 2 – силова шафа; 3 – башта; 4 – драбина; 5 – обертовий механізм;
6 – гондола; 7 – електричний генератор; 8 – система стеження за напрямом та швидкістю вітру; 9 – гальмівна система; 10 – трансмісія; 11 – лопаті;
12 – система зміни кута атаки лопаті; 13 – ковпак ротора

У горизонтально-осьових ВД вітрове колесо має криловидну форму і обертається в вертикальній площині, перпендикулярній напрямку вітру, а вісь вітроколеса розташована паралельно потоку. Основною обертаючою силою у колес такого типу є підйомна сила лопатей.

Відносно вітру вітрове колесо у робочому положенні може розміщуватися перед опорною вишкою або за нею. При передньому розташуванні вітрове колесо мало аеродинамічний стабілізатор, який би утримував його у робочому положенні. Напрямок вітру може змінюватись досить швидко і вітроколесо повинно відслідковувати ці зміни, повертаючись на крилі, за рахунок віндрази або серводвигуна.

У таких ВЕУ звичайно використовуються **дво- або трилопатеві вітроколеса**, до речі останні мають дуже плавний хід. Електрогенератор і редуктор, який з'єднує його з вітроколесом, розташовуються зверху опорної балки у поворотній головці.

Гондолу вітроколеса закріплюють на **опорній вишці 3**. Гондола ВЕУ має пристрої автоматичної стабілізації частоти обертання вітроколеса в випадку зміни швидкості вітру. Для орієнтації вітродвигуна за напрямом вітру в гондолі установлюється система стеження **8**, яка приводить в рух механізм повороту гондоли. До вихідного вала **трансмисії** редуктора **10** приєднується вал відбору потужності з **електрогенератором 7**.

Серійне виробництво вітроенергетичних установок (ВЕУ) в Україні було розпочато у 1994 році після тривалих дискусій та експериментів. З 1996 року впроваджено програму будівництва ВЕС, на яку щорічно виділяється 50 млн грн. Нині в Україні виготовлено майже 300 вітроенергетичних ВЕУ потужністю понад 100 кВт. Переважно це ліцензійні американські вітроагрегати USW 56–100 потужністю 107,5 кВт. Вони працюють на Донузлавській, Сакській, Трускавецькій, Асканійській, Новоазовській, Судацькій ВЕС.

Коефіцієнт їх корисної дії досягає **10–15 %**, на Судацькій – **навіть 30 %**.

На сьогоднішній день на ВЕС України широко втілюються ВД потужністю 2,5–3 МВт фірми «Сіменс». Опорою такої ВД є залізобетонний циліндр діаметром 6 м, висота якого сягає 100 м. В середині опорного стовпа є пасажирський ліфт, який доставляє людину наверх ВД. Наверху стовпа монтується закрита гондола з насадженням на її вісь трилопатеvim пропелером. Лопаті пропелера мають поворотний механізм, який орієнтує їх за напрямком вітру і одночасно регулює їхні кути. У середині гондоли розміщується генератор, силовий трансформатор 35/6 кВ, електроенергія якого передається по кабелю до підстанції СЕС (вартість однієї такої установки – 1 млн доларів). Він має діаметр пропелера 50 м, тому ефективніше використовує енергію вітру, бо, як відомо, чим далі від землі – тим більше швидкість вітру. Налагоджено виробництво вітроагрегатів вітчизняної конструкції потужністю 250–500 кВт. Нижче наведено загальний вигляд сучасної вітрової установки (рис. 52).



Рис. 52. Бердянська ВЕС вітропарку «ДТЕК Приазовський»

9.5.4. Геотермальні електростанції

Геотермальні станції використовують джерела енергії, які піднімаються на поверхню землі з її надр. За сучасним уявленням глибинні шари Землі сильно розігріті. Це підтверджується дослідженнями і розрахунками вчених, які показують, що при заглибленні у Землю її температура підвищується на 1°C через кожні 30 м. На глибині 3–4 км закипає вода, а на глибині 50 км – температура досягає $700\text{--}800^{\circ}\text{C}$, у центрі Землі, у так званому суб'ядрі, температура складає $2200\text{--}2500^{\circ}\text{C}$. Підвищення температури з ростом глибини пояснюється головним чином продовженням виділення тепла в результаті розпаду радіоактивних елементів, які містяться в Землі. Тепло, яке накопичено в середині Землі, є величезним.

Вираз «геотермальна енергія» буквально означає, що це енергія тепла землі (гео – земля, термальна – теплова). Основним джерелом цієї енергії є постійний потік тепла з розжарених надр, який направлений до поверхні землі. Коли підземні води стикаються із цим теплом, вони теж дуже нагріваються – іноді до температури 371°C . У деяких місцях, особливо по краях тектонічних плит материків, а також у так званих «гарячих точках» теплота підходить так близько до поверхні, що її можливо добувати за допомогою геотермальних свердловин.

Електричну енергію вперше було отримано з використанням геотермального резервуару сухої пари у 1904 році італійцем П. Джинсші Конті. Перший резервуар гарячої води, використаний для виробництва електричної енергії, був створений у Новій Зеландії у 50-ті роки. Перша комерційна геотермальна електростанція у США почала виробляти енергію 1960 року, сьогодні це друге щодо важливості та обсягу використання поновлюване джерело енергії.

У 1995 року потужність усіх геотермальних електростанцій світу становила 6000 МВт і 11300 МВт – теплових станцій для прямого використання теплоти.

1 МВт достатньо для забезпечення побутових потреб 1000 жителів.

Поверхня Землі складається із 12 окремих тектонічних плит, величезних платформ земної кори, які постійно дуже повільно рухаються. Джерела геотермальної енергії можливо виявити у трьох основних зонах:

- там, де стикаються дві тектонічні плити, при цьому одна з них рухається під другою. Це так звана субдукційна зона (наприклад, Японські острови та Анди у Південній Америці);

- зони, де магма виходить на нижній горизонт ґрунту чи просто на поверхню (Каліфорнійська затока, рифові долини в Африці, Середньо-атлантичний хребет);

- «гарячі точки», в яких магма постійно витискається на поверхню Землі (Гавайські острови).

Геотермальний резервуар є насправді масою породи, що розтріскалася у земній корі й насичена гарячою водою чи паром, при цьому перший тип є найбільш поширеним. Щоб передати воду чи пару на поверхню, у резервуарі бурять свердловини. Розміри резервуарів – від кількох тисяч кубічних метрів до кількох кубічних кілометрів. Якщо вода достатньо гаряча, вона підіймається на поверхню природним шляхом, а при більш низькій температурі може знадобитися насос.

Розрізняють чотири основні типи геотермальної енергії:

- нормальне поверхнєве тепло землі, яке використовується геотермальними тепловими насосами;

- гідротермальні системи, тобто резервуари пари, гарячої чи теплої води біля самої поверхні землі (нині для вироблення електроенергії використовуються саме ці ресурси);

- глибока коркова теплота, яка утримується під поверхнею землі, але може не мати води;

- енергія магми, теплота, що накопичена під вулканами та кальдерами; іноді магма частково буває у розплавленому стані.

Якби можна було використовувати всього 1 % геотермальної енергії земної кори, яка накопичена на глибині 10 км, людство мало б у своєму розпорядженні кількість енергії, яка у 500 разів перевищувала б усі світові запаси нафти та газу.

У геологічному розумінні геотермальна теплота – це теплота при температурах, вищих за температури навколишнього середовища. Запаси цієї теплоти становлять приблизно $8 \cdot 10^{30}$ Дж, ця кількість перевищує річне споживання енергії в усьому світі в 35 млрд разів. Однак сьогодні може бути використана тільки дуже незначна кількість цих запасів. Обмеження зумовлені в основному економічними причинами.

Проявом геотермальної теплоти, що має практичне значення, є запаси гарячої води у підземних резервуарах та гейзери, що виходять на поверхню.

Геотермальною вважається енергія, перенесена із глибин Землі за допомогою різних видів теплообміну (теплопровідністю та конвекцією). Припускається, що тепло магми переноситься теплопровідністю крізь структурні шари Землі.

Геотермальна енергія сьогодні використовується для тепlopостачання (виробничі технологічні процеси харчової та обробної промисловості, опалення тощо) та вироблення електроенергії.

Для того щоб визначити, чи має певна місцевість потенціал постачання геотермальної теплоти для промислових та побутових потреб, потрібен попередній пошук, що є ризикованим, але необхідним. Ця особливість є однією з головних відмінностей геотермальної енергії від інших поновлюваних джерел енергії.

Підземні геотермальні резервуари поділяються на заповнені в основному парою (перегрітою чи насиченою) і заповнені в основному гарячою водою (з невеликим вмістом насиченої пари).

Принципову схему геотермальної електростанції з паровою турбіною наведено на рис. 53. При цьому використовується резервуар сухої пари, яка зі свердловин подається у турбіну для виробки електроенергії.

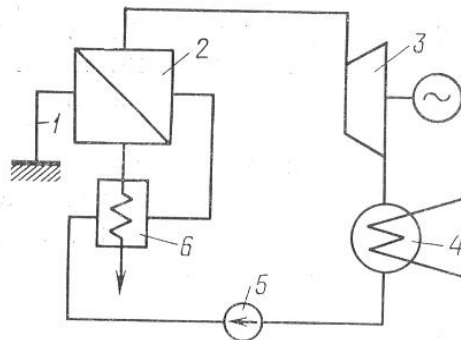


Рис. 53. Принципова схема геотермальної електростанції з паро перетворювачем:

1 – свердловина; 2 – пароперетворювач; 3 – турбіна; 4 – конденсатор;
5 – насос; 6 – водяний теплообмінник

На станціях іншого типу використовуються геотермальні води з температурою, яка є вищою за 190 °С. Вода, яка природним чином підіймається вгору по свердловині, подається у сепаратор, де частина її кипить та перетворюється на пару. Пара використовується для одержання електроенергії.

Електростанція з бінарним циклом ґрунтується на двох замкнених циклах – один для геотермальної води, другий – для робочої рідини чи газу з низькою температурою кипіння (наприклад, ізобутан).

Робоча рідина, нагріта геотермальною водою, перетворюється на пару, яка надходить у теплообмінник та використовується для обертання турбіни. Оскільки обидва контури замкнені, немає практично ніяких викидів, що робить систему екологічно чистою. Робоча рідина випаровується при більш ни-

зькій температурі, ніж вода, тому бінарні станції працюють при значно нижчих температурах, ніж інші типи геотермальних станцій (100–190 °С). А оскільки джерела геотермальної води з температурою нижчою за 190 °С найбільш поширені, то у майбутньому цей тип станцій матиме перевагу.

Геотермальні води, які використовуються для теплопостачання, можна умовно поділити на три групи:

- води, які можуть безпосередньо використовуватися споживачами і підігріватися без будь-яких негативних наслідків, тобто води найбільш вигідної якості;
- води, які можуть безпосередньо використовуватися споживачами для опалення, але не можуть підлягати підігріву через їхні агресивні властивості;
- води підвищеної мінералізації та агресивності, які неможливо використовувати безпосередньо.

Схема системи геотермального теплопостачання, розроблена Інститутом механічної теплофізики НАН України, подана на рис. 54 і має такі показники:

- теплова потужність модуля, МВт – 5;
- зокрема, теплопостачання, МВт – 3;
- гаряче водопостачання, МВт – 2;
- температура на виході свердловини, °С – 60–80;
- температура води в опалювальній системі, °С – 55–75;
- температура води гарячого водопостачання, °С – 50;
- тиск води свердловини, МПа, не менше як – 1,5;
- габаритні розміри будівлі, м.

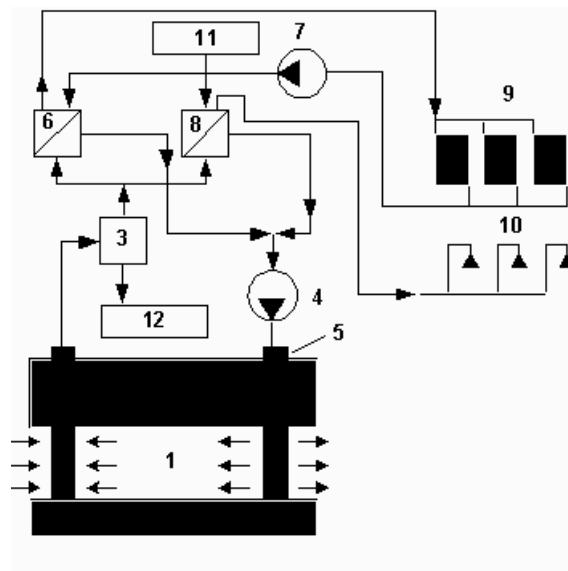


Рис. 54. – Схема системи геотермального постачання:

- 1 – підземний колектор; 2 – свердловина; 3 – газощламовідокремлювач; 4 – нагнітальний насос; 5 – нагнітальна свердловина; 6 – теплообмінник опалювальної системи; 7 – насос опалювальної системи; 8 – теплообмінник системи гарячого водопостачання; 9 – опалювальна система; 10 – система гарячого водопостачання; 11 – джерело води для гарячого водопостачання; 12 – система утилізації газів і шламів

Україна має у своєму розпорядженні відносно незначні ресурси геотермальної енергії, потенціальні запаси яких оцінюються величиною 1022 Дж. Це еквівалентно запасам палива $3,4 \cdot 10^{11}$ т.у.п. Потенційна можливість геотЕС з урахуванням розвіданих запасів і ККД перетворення геотермальної енергії становить 230 ГВт.

В Україні найбільш перспективний для розвитку геотермальної енергетики являється регіон Закарпаття, де за геологічними та геофізичними даними на глибинах до 6 км температури гірських порід досягають 230–275°C.

Ресурси геотермальної енергії має також Крим, для якого найбільш перспективними є Турханкутський і Керченський півострови, де спостерігаються невеликі геотермальні градієнти, а температура гірських порід на глибинах 3,5–4 км може досягати 160–180 °C.

Виходячи з наявних оцінок запасів геотермальної енергії, пріоритетними районами для будівництва є Керченський півострів, Прикарпаття (Львівська обл.), окремі родовища у Харківській, Полтавській та Донецькій областях.

Концепція розвитку геотермальної електроенергетики України складає три етапи.

Перший етап – проведення широкомасштабних досліджень та пошукових геологорозвідувальних робіт у різних районах України з метою отримання інформації про геологічні об'єкти, придатні для отримання теплової енергії для геотЕС.

Другий етап – проведення досліджень на експериментальних геотЕС. Має бути створена Кримська дослідно-промислова геотЕС з потужністю 25 МВт і Мостиська дослідно-промислова геотЕС із потужністю до 10 МВт. Крім того, має бути розгорнуто будівництво серії міні-геотЕС з потужністю 50–5000 кВт.

Третій етап – розширення дослідно-промислової Турханкутської геотЕС у Криму до потужності 100 МВт та Мостиської геотЕС до потужності 50 МВт. Одночасно передбачається завершити експериментальні дослідження на 3-4 майданчиках нових промислових геотЕС. На декількох розвіданих площах передбачається збудувати перші черги промислових геотЕС по 25 МВт кожна, із перспективою доведення їхніх потужностей у майбутньому до 500-1000 МВт.

Геотермальні електростанції порівняно з тепловими станціями на викопному паливі викидають дуже мало сірки і зовсім не викидають оксидів азоту. Викиди CO₂ на 1 МВт · г виробленої енергії на сучасних геотермальних станціях мінімальні або їх немає взагалі.

Під геотермальні установки потрібні зовсім невеликі ділянки землі, набагато менші, ніж під енергетичні установки інших типів. До того ж буріння геотермальних свердловин набагато менше впливає на навколишнє середовище, ніж розробка будь-яких інших джерел енергії.

Технологія безпечного використання геотермальних вод високорозвинена й надійно перевірена часом. Стічну воду з електростанції подають назад

у резервуар, що дозволяє зберегти у ньому тиск, під дією якого гаряча вода подається з виробничої свердловини. Технологічна геотермальна вода постійно ізольована від підземних вод трубопроводом, умонтованим у свердловину.

Запитання для самоперевірки

1. На якому принципі працюють всі вітрові енергоустановки?
2. Дайте короткий опис конструкції пропелерної ВЕС.
3. Якого типу сонячні установки вам відомі? Коротко опишіть їх конструкції.
4. Опишіть технологічну схему однієї з геоТЕС.

9.6. Енергетика майбутнього

Звичайно, енергетика у майбутньому буде суттєво відрізнятися від енергетики сьогодення. Безумовно, всім енергетичні установки майбутніх електричних станцій будуть відноситися до класу поновлювальних джерел. Важко представити собі сьогодні всю різноманітність їх типів, але про деякі з них ми можемо говорити вже сьогодні, виходячи з результатів науково-дослідних робіт, які виконуються у лабораторіях ведучих світових наукових центрів.

Ми опишемо лише ті з них, у розробці яких уже отримані перші позитивні результати.

9.6.1. Енергія морів та океанів

Моря та океани займають 71 % поверхні Землі і мають енергію таких видів:

- енергія хвиль та припливів;
- енергія хімічних зв'язків газів, солей, мінералів тощо;
- прихована енергія течій у різних частинах морів та океанів.

Це невичерпна енергія, яку можна виробляти, використовуючи різницю температур води на поверхні та є глибині, а також перетворюючи її на традиційні види.

Такі величезні запаси енергії та різноманітність її форм – гарантія того, що у майбутньому людство не буде відчувати її браку.

За оцінками Інституту океанології АН Росії теплова (внутрішня) енергія, що відповідає перегріву поверхневої води морів та океанів, наприклад, на 20 °С, становить близько 1026 Дж. Кінетична енергія океанських течій оцінюється приблизно у 1018 Дж.

Найбільш поширеним способом використання енергії морів та океанів є спорудження припливних електростанцій (ПЕС). З 1967 р. у гирлі річки Ране у Франції працює ПЕС потужністю 240 МВт. На черзі спорудження ПЕС у затоці Фанді в Канаді з рекордним 18-метровим припливом, у гирлі річки Северен в Англії із 14,5-метровим припливом та в інших регіонах із великими припливами води.

Великі надії покладають на використання енергії морських хвиль. Бакени та маяки, які використовують цю енергію, вже покрили прибережні води Японії.

Цікавим напрямком океанської енергетики виявилось вирощування із плотів в океані гігантських водоростей – келпів, які швидко ростуть і легко перероблюються на метан. За зарубіжними оцінками, для повного забезпечення енергією кожної людини-споживача достатньо 1 га плантацій келпів.

На велику увагу заслуговує «океанотермічна енергоконверсія», іншими словами отримання електроенергії за допомогою різниці температур між поверхневими та глибинними океанськими водами, що засмоктуються водним насосом, наприклад, при використанні в замкнутому циклі турбіни таких рідин, які легко випаровуються (пропан, фреон чи амоній).

Поки що далекою здається перспектива отримання електроенергії завдяки різниці між солоною та прісною водою, наприклад, морською і річковою.

Велику енергію мають морські течії. У деяких місцях Гольфстрім має швидкість до 9 км/год. Вчені припускають, що найближчим часом енергія морських течій стане конкурентоспроможною.

Із зазначеного випливає, що енергія морів і океанів проявляється у вигляді припливів, хвиль, течій, різниці температур і хімічного складу води. Факторами, що впливають на припливи, є положення Сонця й Місяця відносно Землі, а також її обертання. Велике значення має й конфігурація океанських акваторій та берегів, які часто створюють унікальні умови для припливів. Приміром, різниця в рівнях припливів на Таїті становить 25 м.

Перетворення енергії припливу на механічну енергію використовувалося ще на початку XI століття в припливних млинах, які будували в гирлах річок, що впадали в океан. Для цього перегороджували дамбами річки і створювали резервуари, в яких встановлювалися засувні ворота чи шлюзи. Коли починався приплив, шлюзи відчинялися всередину, й вода заповнювала резервуар. Знижуючи свій рівень при відпливі, вода сама зачиняла шлюзи. Якщо було необхідно, вода подавалася крізь вузькі ворота зливу на лопаті водяних коліс.

У перших припливних млинах використовувалася тільки потенційна енергія води, зібраної в резервуар. Пізніше, коли були винайдені ефективні насоси, з'явилася можливість використання й другого виду енергії припливів – кінетичної, тобто енергії води, яка рухається.

Припливні електростанції (рис. 55) мають великий водозбірний басейн чи резервуар, з'єднаний з морем через отвори у греблі, які закриваються спеціальними затворами, в якій встановлюють реверсивні турбіни, що примушують обертатися електрогенератор. Така електростанція перетворює енергію припливів послідовно на механічну, а потім на електричну як під час припливу, так і під час відпливу.

Перша у світі та найбільша на сьогодні ПЕС розташована у Франції на березі Ла-Маншу в гирлі річки Ране. Приплив у цьому місці переміщує 189 тис. м³ води за секунду. Різниця рівнів становить 13 м, а швидкість течії між містами Брестом і Сен-Мало часто досягає 90 км/год. У середині дамби дуже великого накопичувального резервуара містяться 24 гідроагрегати зі зворот-

ними лопатками ротора турбіни. Кожен з них може функціонувати і як турбіна, і як насос, який працює і у бік моря, і у зворотному напрямку. В дамбу вмонтовані навігаційні замки і спускні шлюзи.

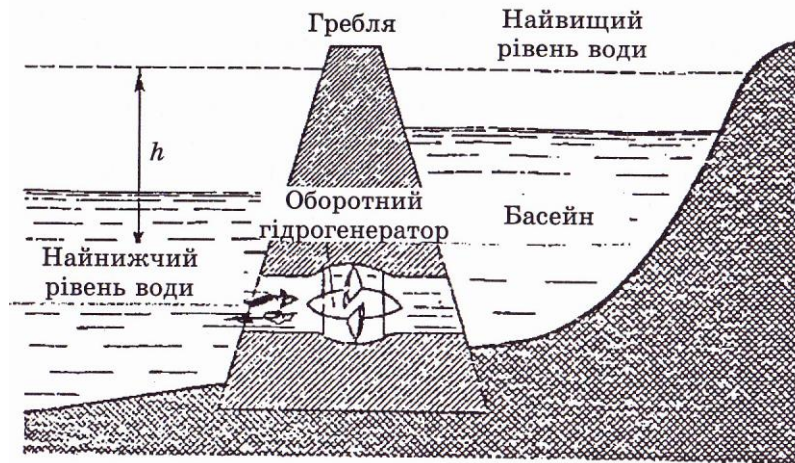


Рис. 55. Розріз по приливній ГЕС

До недоліків ПЕС слід віднести труднощі, пов'язані із захистом дамб та устаткування від ударів льодяних торосів, особливо у північних районах. Поблизу дамб морська флора й фауна дуже потерпає внаслідок, хоча й незначного, підвищення температури та зменшення вмісту кисню у воді. Крім того, дамби перешкоджають міграції риб.

Основною позитивною рисою енергії припливів є те, що вона легко обліковується завдяки постійності її фаз. Однак велика тривалість останніх і малий потенціал енергії припливів зумовлюють необхідність створення ємних акумуляторів цієї енергії. Використання енергії припливів у малопотужних установках взагалі неекономічне. Разом з тим на сьогодні вже є декілька проєктів приливних ГЕС, потужність яких є досить значною.

Використання енергії морських і океанських хвиль. За оцінками спеціалістів, енергія морських і океанських хвиль становить приблизно 30 % всієї використовуваної у світі енергії. Енергія окремих океанських хвиль величезна.

Відомим є випадок, коли хвилі викинули камінь масою 69,5 кг на покрівлю маяка висотою 40 м над рівнем моря (штат Орегон, США). У Франції (м. Шербур) хвилі перекинули валун масою 2700 кг через дамбу висотою 6 м. Максимальна висота хвиль, зареєстрована у Тихому океані, досягала 35 м.

До сьогоднішнього часу серед усіх проєктів використання енергії хвиль, що розглядалися, найбільш успішними були визнані чотири:

- «пірнало» Солтера;
- пліт Кокерела;
- випрямлювач Расела;
- коливальна водяна колонка (резервуар).

Принципово «Пірнало» Солтера нагадує поплавок, який, піднімаючись і опускаючись одночасно з хвилями, приводить у дію насос, що подає воду під тиском у турбогенератор.

Пліт Кокерела складається з трьох шарнірно з'єднаних понтонів, які перебувають на плаву і відтворюють коливання хвиль, їх підняття й опускання приводить у дію гідравлічні тарани, які з'єднують понтони. Стискання і розтягування таранів передається робочій рідині, яка діє на гідравлічний генератор, що виробляє електричний струм.

Випрямлювач Расела регулює рух води таким чином, що вона надходить у турбіну тільки в одному напрямку.

Коливальна водяна колонка (резервуар) відрізняється від попередніх проектів. Вона перетворює енергію хвиль на потенціальну енергію стиснутого повітря, яке потім віддає енергію повітряній турбіні.

Ідея колонки належить японському морському офіцеру Масуді, який винайшов плаваючий хвилеріз. Він довів, що коли хвилеріз зробити у вигляді перевернутої камери з отворами у верхній частині, то висота хвиль усередині буде значно менше, ніж ззовні, оскільки хвиля вирівнюватиметься під дією потоків повітря, що проходять крізь отвори. Інтенсивні повітряні потоки постійно надходять у середину камери і виходять з неї внаслідок піднімання та опускання колони.

За цим принципом сьогодні працюють плаваючі установки, які використовуються для буїв різного призначення. Їх схему показано на рис. 56.

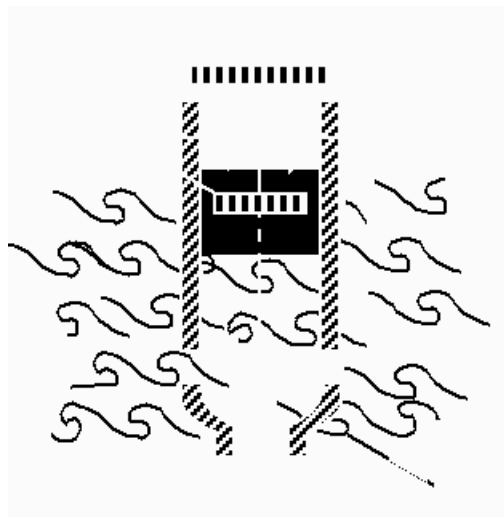


Рис. 56. Схема плаваючої установки

В її камері, яка має дискову опору, міститься турбіна, з'єднана з електрогенератором. Коли проходить хвиля, камера намагається піднятися разом із нею. Опора перешкоджає цьому й таким чином забезпечує інтенсивне проникнення води всередину камери. Стовп води витісняє повітря із середини камери крізь сопловий апарат на лопаті турбіни. Після проходження хвилі вода виходить з камери, а її місце знову займає повітря. Потім цикл повторюється.

Досить оригінальний і простий пристрій запропоновано в Японії для використання змін гідростатичного тиску в товщі води при її хвилюванні, схема якої наведена на рис. 57.

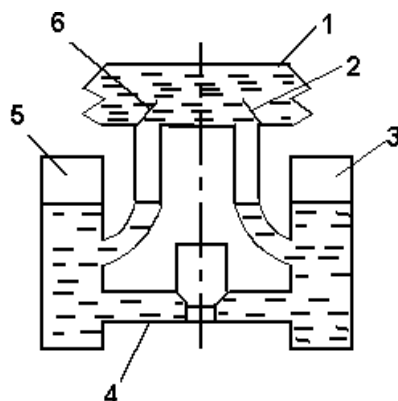


Рис. 57. Схема установки для використання зміни гідростатичного тиску в товщі води при хвилюванні

У морі, де ці зміни найбільш помітні, розміщують установку, яка складається з трьох камер 1, 3 і 5, з'єднаних між собою через клапани 2, 6 і робочий канал 4. У верхній частині камер 3 і 5 міститься газ, решту простору заповнено струмопровідною рідиною. Якщо канал 4 з'єднати, наприклад, з магнітогідродинамічним генератором, то при зміні тиску навколишнього середовища у каналі почне переміщуватися магнітопровідна рідина, що призведе до появи різниці потенціалів на електродах. Така установка може бути дуже зручною для вимірювання тиску та отримання енергії невеликої потужності.

Основними причинами, які стримують розвиток хвильових енергоустановок, є розосередження енергії на великій поверхні, непостійне хвильовідтворення, низька швидкість руху хвиль при значних силах їхньої дії.

Таким чином, коли проектується хвильові енергоустановки, слід насамперед вирішувати питання концентрації та акумулювання енергії, а також ефективного її перетворювання з максимальним використанням наявних технічних рішень.

Основними шляхами розвитку хвильових енергоустановок є підвищення концентрації енергії хвиль і енергоємності акумуляторів, їхньої надійності та ефективності перетворювання енергії.

9.6.2. МГД-генератори

Коли ми розглядали попередні альтернативні джерела енергії, ми відмічали наявність декількох ступенів перетворення одного виду енергії в інший, перш ніж ми отримували електричну енергію.

Але є і такі способи отримання електричної енергії із теплової, при яких кількість перетворень одного виду енергії в інший скорочується (частіше всього виключається проміжне перетворення теплової енергії у механічну). Тоді кажуть про методи **прямого перетворення енергії**, до яких відносять отримання електричної енергії не тільки з теплової, але й з хімічної (в палив-

них елементах) і із енергії електромагнітного випромінювання (у фотоелектричних перетворювачах).

Один із таких методів називається **магнітно-гідродинамічним методом** або **МГД-методом**, а установки, які отримують електроенергію цим методом називають **МГД-генераторами**.

Принцип дії МГД-генераторів заснований на використанні закону електромагнітної індукції відкритого Майклом Фарадеєм у 1841 році. Згідно з цим законом у провіднику, який рухається у магнітному полі, **індукується електрорушійна сила (ЕРС)**. Причому провідник може бути різним (твердим, рідинним, газовим). У МГД-генераторах провідником служить нагрітий до температури 2500–3000°C іонізований газ (**плазма**). За основу плазми можуть служити газові продукти після згорання органічних речовин.

Найпростіший МГД-генератор може складатися із **постійного магніту I** (рис. 58), поле якого пересікає **канал прямокутного профілю 4**. Верхня і нижня частина каналу зроблені з металу і служать **електродами**. Вони стикаються своїми внутрішніми сторонами з **плазмою 2**, яка рухається по каналу зі швидкістю 1000 м/с. Бокові стіни каналу, які розташовані перпендикулярно до **магнітного поля 3**, служать електричними ізоляторами. Електроди ж з'єднуються з **зовнішніми споживачами електричної енергії**.

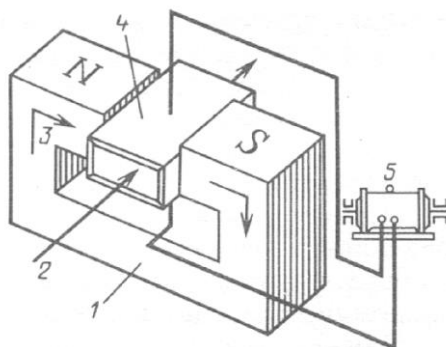


Рис. 58. Принцип дії магнітогідродинамічного генератора.

Коли потік плазми пересікає магнітне поле між електродами виникає ЕРС, яка пропорційна швидкості плазми, величині магнітної індукції та довжині провідника, тобто тим параметрам, які складають ширину струму плазми. Якщо до електродів підключити зовнішнє навантаження, то у колі буде проходити постійний струм, який при необхідності може бути перетворений у змінний струм.

На практиці у МГД-генераторах плазма подається у канал через сопло, в якому тепла енергія перетворюється у кінетичну енергію, а сам канал має форму дифузора, або він має дифузор на кінці.

Ефективність і конструкція МГД-генератора визначається **електропровідністю** плазми, але підвищувати її тільки за рахунок підвищення температури неможливо через проблему з теплостійкістю металів, які застосовуються у конструкції цих установок. І тому для забезпечення електропровідності у

Для ефективного використання енергії гарячих газів, що виходять із МГД-генераторів, доцільно МГД-генератори використовувати разом з парогазовими установками або паротурбінними установками. У цьому випадку за рахунок підвищення температури пара підвищується термічний ККД ТЕС і при додатку її потужності до потужності МГД-генератора **ККД комбінованої електростанції буде 50–60 %**. Але треба мати на вазі, що в газах, які виходять з МГД-генератора є присадки і тому з санітарних вимог їх треба очищати.

Паливо

Кислювач

Присадка

1

2

3

4

5

Пов'язка

6

7

8

9

10

11

12

K_2CO_3

K_2CO_3

K_2SO_4

Зола

Сірка

Плазма з цими добавками при температурах біля 2000 °С поступає у канал МГД-генератора і за рахунок зменшення теплової енергії розганяється

там до швидкості, близької до швидкості звуку. Протікаючи по каналу, електропровідна плазма перетинає силові лінії спеціально створеного магнітного поля з великою індукцією. Якщо напрямок руху потоку перпендикулярний силовим лініям магнітного поля, а електропровідність плазми, швидкість потоку і індукція магнітного поля досить великі, то відповідно до законів електродинаміки у напрямку, перпендикулярному і руху потоку, і силовим лініям магнітного потоку, від однієї стінки каналу до другої через плазму виникає електричний струм. Взаємодія електричного струму, який протікає через плазму, з магнітним потоком створює силу, яка гальмує рух плазми по каналу і таким чином кінетична енергія потоку плазми перетворюється в електричну енергію.

А як же бути з металами, з яких зроблено МГД-генератор? Вони ж не витримують таку високу температуру (2000 °С), при якій працює плазма. Так, дійсно, таких металів, які б витримували такі високі температури ще немає, і тому високотемпературні елементи конструкції звичайно приходиться охолоджувати звичайною водою.

Продукти згорання, які виходять із каналу МГД-генератора при температурах біля 2000 °С, подаються у парогенератор, де вони нагрівають воду, із якої створюється пар, і нагрівають холодне повітря, яке йде у камеру згорання МГД-генератора. З парогенератора гарячий газ відводиться у спеціальний регенератор присадок, в якому присадки спочатку відбираються, а далі знову подаються, а далі знову подаються у камеру згорання.

Наведена на рис. 64 схема МГД-електростанції називається відкритою тому, що робочим тілом МГД-генератора є продукти згорання, які після проходження каналу і парогенератора викидаються в атмосферу.

При всій привабливості таких енергетичних установок, як МГД-генератори, пройде ще значний час, коли будуть вирішені такі проблеми, як створення спеціальних матеріалів для гарячих стінок і електродів, які б могли працювати довго і надійно при дуже високих температурах. Великі надії вчені покладають на двоокис цирконію та окис магнію.

Пройде якийсь час і ми можемо стати свідками, коли потужні МГД-генератори будуть використовуватися на АЕС. Такі проекти вже розробляються.

9.6.3. Термоядерні енергетичні установки

Ми вже бачили на прикладі ядерних реакторів АЕС, як в процесі ділення важких атомних ядер урану звільнюється велика кількість енергії. Але одержати таку ж енергію можна і іншим шляхом, зливаючи легкі ядра в більш важкі, або як кажуть, здійснюючи **реакцію ядерного синтезу**. Саме таким шляхом одержує свою енергію Сонце, в середині якого безперервно при надзвичайно високих температурах і тисках йдуть ядерні реакції, внаслідок яких **ядра атомів водню перетворюються в ядра гелію**.

Такі ж самі ядерні реакції вчені хочуть отримати штучно і на Землі, і таким чином отримати джерело майже невичерпної енергії. Але практичне

здійснення таких реакцій, при яких проходило б кероване вивільнення енергії, являє собою дуже важку наукову і технічну проблему. Всі труднощі пов'язані з фізичними умовами, які необхідні для виникнення і підтримки незатухаючих реакцій ядерного синтезу, які називають ще **термоядерними реакціями**.

Такі реакції суттєво відрізняються від процесів ядерного розподілу, в яких після поглинання нейтронів важкі ядра розпадаються на осколки. Згадаємо, що нейтрони, які звільняються у процесі ланкової реакції і підтримують цю реакцію, є електрично нейтральні і тому легко проникають в середину ядра атомів урану, бо їх не затримує великий позитивний електричний заряд ядер. Інша справа при протіканні реакції ядерного синтезу. Тут, навпаки, більш легкі ядра зливаються і створюють більш важкі ядра. І тут заряд ядра протидіє реакції. Тому вихідні ядра повинні рухатися один до одного з великою кінетичною енергією, бо інакше вони не зможуть перебороти взаємне електричне відштовхування і наблизитися на стільки, щоб наступило їх злиття. Ще одна трудність полягає у тому, що **реакція ядерного синтезу** може проходити **тільки при надвисоких температурах (звідти назва термоядерна)**. Це пояснюється тим, що для того щоб **атомні ядра** зливались вони повинні бути без електронних оболонок, тобто «оголеними». Але зробити це дуже важко, бо ядра звільняються від своїх електронних оболонок лише тоді, коли атоми нагріються до дуже високої температури. Крім того, висока температура потрібна для збільшення швидкості атомів. Щоб «запустити» таку реакцію потрібна температура у десятки і навіть у сотні мільйонів градусів. Зваживши на це, вчені дійшли висновку, що найкращим вихідним матеріалом для реакції повинен бути дуже розріджений газ. При дуже високих температурах газ переходить у стан плазми, яка складається із вільних електронів та «оголених» ядер. Коли атом втрачає частину своїх електронів, він отримує позитивний електронний заряд, і тоді такий атом називають іон-м. **Плазма – це газ, який складається із позитивно і негативно заряджених часток**. Електрони, які у плазмі рухаються вільно, можуть переносити струм. Тому кажуть, що плазма – це провідний газ. Кожен із людей бачив таку плазму у вигляді блискавки або ж іскор при короткому замиканні між проводами.

Для практичної реалізації термоядерної реакції російські вчені розробили спеціальну установку, яку назвали «**Токомак**» (виходячи з перших букв в словах «**тороїдальна камера з магнітною котушкою**»).

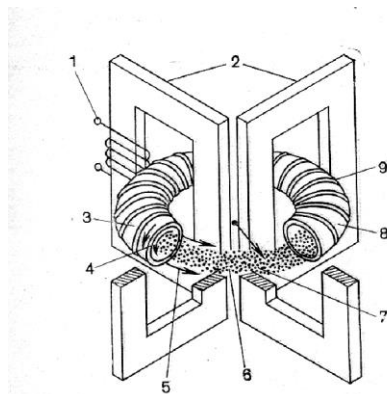


Рис. 60. Схема дії установки «Токомак»:

- 1 – обмотка для створення центроїдного поля; 2 – трансформаторні сердечники;
 3 – струм для кільцевого поля; 4 – центроїдне поле; 5 – кільцеве поле;
 6 – осьовий струм; 7 – результуюче поле; 8 – металева провідна стінка;
 9 – обмотка кільцевого поля

Принципово «Токомак» складається із замкнутої магнітної системи, в середині якої надіта **тонкостінна кільцева трубка** в вигляді полого тору. Це кільце складає, так би мовити, вторинну обмотку трансформатора, в середині якої виникає плазма, яка нагрівається струмом, що **індуціюється** в кільці (рис. 60). Живлення обмоток магнітного проводу здійснюється струмом силою до 10000 А від потужних конденсаторних батарей. Плазма створює, так би мовити, вторинний замкнений контур трансформатора, в якому при розряді струм нагріває плазму, а його поле стискає її в тонкий «шнур», направлений по осі тороїдальної трубки. Для підвищення стійкості плазмового шнура його підтримують зовнішнім високочастотним магнітним полем.

Первинним паливом для «Токомаку» служить дейтерій – важкий ізотоп водню, запаси якого майже невичерпні., ціна не висока, і головне, він є повсюди.

Безумовно в одній книжці неможливо викласти всі ідеї та пристрої для їх реалізації, які пропонуються вченими та винахідниками для отримання електричної енергії нетрадиційними способами. Ми виклали вище лише ті із них, які, або вже добре опрацьовані і показали на практиці свою ефективність та працездатність, або ж при вирішенні деяких проблем, пов'язаних з їх розробками (як це є у МГД-генераторах і термоядерних енергетичних установках) являються безумовно перспективними.

Авторам цієї книжки, здається, що ми з вами ще станемо свідками грандіозних винаходів, які революційно перевернуть уявлення людей про альтернативні джерела енергії.

Запитання для самоперевірки

1. Як використовують енергію океану? Наведіть приклади деяких установок.
2. Опишіть за яким принципом будуються МГД-генератори.
3. Опишіть за яким принципом будуються термоядерні енергоустановки.

9.7. Менеджмент енергії на електричних станціях

Електрична станція – це складна система, яка складається із значної кількості підсистем. На електричних станціях експлуатують велику кількість різноманітного обладнання. Тому при розробці енергозберігаючих заходів необхідно врахувати такі фактори:

- системність при розробці і впровадженні енергозберігаючих заходів;
- централізація системи, що означає обов'язковий вертикальний зв'язок окремих складових технологічного процесу;
- чітку сумісність підсистем (чинників), тобто несуперечність і узгодженість вимог за кожним напрямом;
- забезпечення зворотних зв'язків, що має на увазі наявність не лише вимог до персоналу, але і можливості ініціативи та обґрунтування взаємних вимог з боку персоналу з метою ресурсозбереження;
- паралельність, що означає поєднання за часом.

На сьогоднішній день розрізняють такі заходи з підвищення енергоефективності роботи електричних станцій:

1. Технологічні – направлені на заміну, модернізацію або відновлення технологічного устаткування, та оптимізацією режимів його роботи;
2. Організаційні – направлені на організацію систем обліку і аналізу ПЕР, фінансової підтримки техніко-економічних заходів і на формування інформаційних систем;
3. Соціально-економічні – направлені на створення економічної і психологічної зацікавленості персоналу в енергозбереженні.

Що стосується безпосередньо менеджменту енергії, то згідно з світовою практикою він може бути реалізований за такою схемою (рис. 61). Ця система енергетичного менеджменту побудована за стандартом EN 16001. Головною метою цього європейського стандарту є надання допомоги організаціям, у тому числі промисловим підприємствам, у створенні систем і процесів, необхідних для підвищення енергетичної ефективності. Даний стандарт побудований за методикою «план-дія-перевірка-захід».

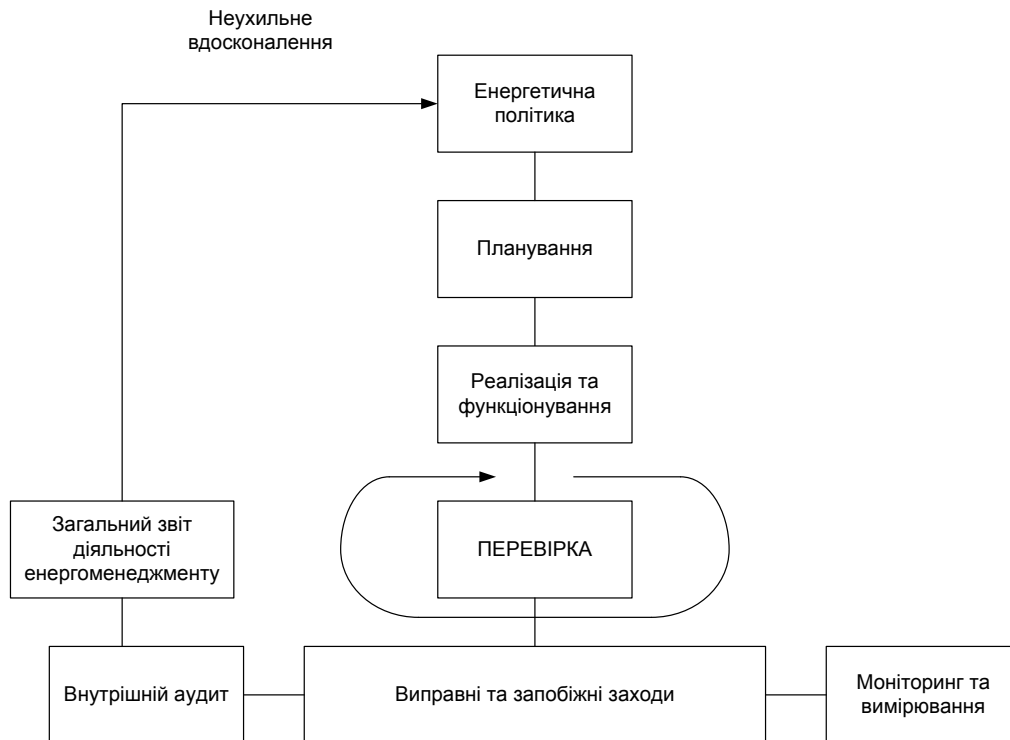


Рис. 61. Система енергетичного менеджменту

Якщо говорити про досвід впровадження енергозберігаючих технологій на теплових електричних станціях, то можна навести такі приклади:

- застосування газотурбінної установки на виході парового котла на блоці К-800-240, збільшує його потужність, ККД блоку і знижує питому витрату палива на 3-4 г/кВтг, що дозволяє щорічно економити до 30 тис. т.у.п.;
- установка пристрою обдування для очищення поверхонь нагріву елементів котла від відкладень золи, забезпечує економію палива 1-5%;
- дробове очищення хвостової (конвективної частині котлоагрегату) дозволяє понизити температуру вихідних газів на 15–20°C і газового опору до 100 мм. вод. ст. і, таким чином, отримати економію палива 800 т.у.п. в рік для котла продуктивністю 230 тон пару/г;
- застосування економайзерів для покриття пікових теплових навантажень, за рахунок використання тепла відходячих газів парових котлів, знижує питомі витрати палива до 40–60 кг у.п./Гкал замість 170 кг у.п./Гкал на пікових водогрійних котлах. Річна економія палива на блок 210 МВт оцінюється у 2 тис. т. у.п.;
- автоматизація процесів горіння і живлення дає економію палива 1–2 %;
- автоматизація регулювання перегріву пари дає економію палива 0,4–0,6 %;
- автоматизація котельного устаткування дає економію палива 0,2–0,3 %;

– перехід котлів на газ веде до підвищення ККД котла на 4–7 % і пониженню питомих витрат електроенергії на вироблену Гігакалорію тепла на 2,6–3,2 кВт · г;

– при ізолюванні 1 м² неізолюваної ділянки паропроводу або фланцевого з'єднання засувок скорочується витрата палива на 0,001 т.у.п. на годину;

– ліквідація причин аварійного зупинення устаткування дозволяє уникнути витрат на розпалення котлів і пуски турбін.

Щодо останнього пункту, то треба мати на увазі, що сумарні еквівалентні витрати палива на розпалення котлів з холодного стану складають досить суттєві величини, а саме:

– для газомазутних котлів – 45 т.у.п., для пиловугільних котлів – 55 т.у.п.;

– 2 для теплофікаційних енергоблоків з турбіною Т-110/120-130 (моноблок): з газомазутними котлами – 45,7 т.у.п., з пиловугільними

– котлами – 54,8 т.у.п.;

– для теплофікаційних енергоблоків з турбіною Т-250/300-240 (моноблок): з газомазутними котлами – 131,0 т.у.п., з пиловугільними котлами – 153,8 т.у.п.

У свою чергу, сумарні еквівалентні витрати палива на пуск турбіни з холодного стану складають:

– для турбін потужністю 100 МВт – 20 т.у.п.;

– для турбін потужністю 50 МВт – 15 т.у.п.;

– для турбін потужністю 20 МВт – 10 т.у.п.

3. Зниження втрат пари і конденсату на електростанціях середнього і високого тиску дає економію 60 кг у.п. на 1т втрат теплоносія.

Цікаво, що виток пари і конденсату **через отвір в 1 мм²** приводить до великих втрат. Втрати на воді тиском 150 ата, і температурою 200 °С можуть скласти до 140 т.у.п. у рік; у пари з параметрами 90 ата, 500 °С до 70 т.у.п. у рік; у пари з параметрами 5 ата, 260 °С до 2 т.у.п. у рік, у пари з параметрами пара 1,2 ата, 105 °С до 1,7 т.у.п. у рік.

Таким же чином можна було б навести приклади низки заходів з підвищення енергоефективності роботи та інших типів електростанцій, і у першу чергу, гідроелектричних та атомних станцій.

Необхідно пам'ятати, що вироблення електричної енергії процес енергоємний, тому підвищення енергетичної ефективності роботи електричної станції всього на 1 % дає значну економію у витраті енергоносія.

Запитання для самоперевірки

1. На що головним чином направлений енергоменеджмент на електричних станціях?

2. Наведіть приклади деяких заходів, які проводяться на різних типах електростанцій для підвищення енергоефективності їх роботи.

10. ПЕРЕДАЧА ТА РОЗПОДІЛ ЕНЕРГІЇ

Як правило, більшість споживачів електроенергії знаходяться на значній відстані від того місця, де розташована електростанція. Електроенергія від станцій до споживачів передається за допомогою спеціальних ліній електропередач (ЛЕП). Під час передачі електроенергії величина її напруги декілька разів змінюється і вона розділяється на окремі потоки, які потім направляються до споживачів.

Перетворення і розподіл електричної енергії проводиться у спеціальних електричних установках, які називаються **підстанціями**. **Об'єднання ліній електропередач, підстанцій та розподільних установок називається електричною мережею.**

10.1. Лінії електропередач

Лінії електропередач бувають повітряними та кабельними. Металеві (мідні, алюмінієві або сталєво-алюмінієві) дроти повітряних ліній підвішуються на дерев'яні, металеві або бетонні опори за допомогою ізоляторів із спеціальними затискувачами.

Опори бувають різноманітних конструкцій. Якщо опори призначені для тільки підвішування дротів, то вони називаються **проміжними опорами**. Якщо ж опори сприймають горизонтальні навантаження тяжіння дротів, то це будуть **анкерні опори**. Принципова схема електропередачі наведена нижче.



Рис. 62 Загальний вигляд повітряної лінії електропередач

При переході ЛЕП через природні перепони (річки, ущелини) опори мають спеціальну конструкцію з підвищеною висотою та більш потужними конструктивними елементами. Проміжні опори ЛЕП легші і дешевші ніж анкерні. Сумісне застосування анкерних і проміжних опор забезпечують надійну і високоефективну роботу ЛЕП.

На рис. 63 показаний загальний вигляд сучасних ЛЕП з опорами різного типу.

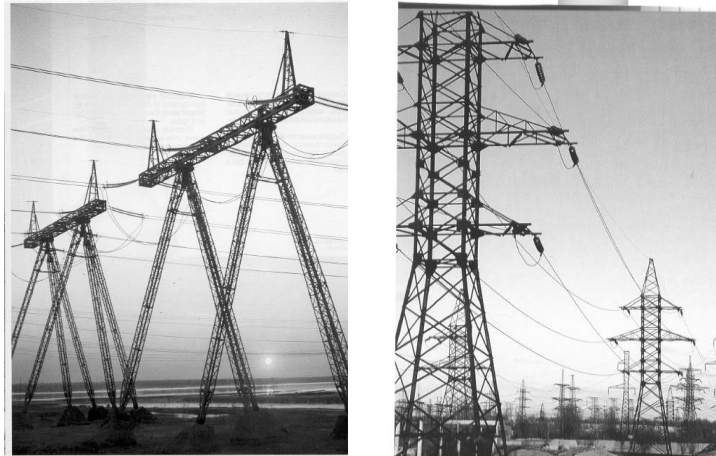


Рис. 63. Загальний вигляд високовольтних повітряних ЛЕП

Повітряні ЛЕП характеризуються їх пропускнуою здатністю, яка визначається найбільшою потужністю, яку можна передати по ЛЕП. Підвищення пропускнуої здатності ЛЕП досягається в основному за рахунок збільшення напруги та введення різних компенсуючих пристроїв, які обмежують вплив тих факторів, що зменшують пропускну здатність. Для цього, наприклад, на ЛЕП 330 кВ і вище розщеплюють дроти кожної фази на декілька електрично з'єднаних між собою дротів, або ж застосовують так звану послідовну компенсацію – включають у ЛЕП конденсатори і т.ін.

При спорудженні ЛЕП постійного струму на великі граничні потужності необхідно на початку лінії провести перетворення змінного струму в постійний, а на протилежному кінці ЛЕП знову провести зворотнє перетворення – постійного струму в змінний. Це викликає деякі технічні та економічні складнощі. Але такі ЛЕП необхідно мати обов'язково, коли електроенергія транспортується, наприклад, із країн, де прийнята одна частота електричного струму (наприклад, 50 Гц) в іншу країну, де номінальна частота інша (наприклад 60 Гц).

Кабельні лінії електропередач виконуються за допомогою спеціально ізольованих дротів, які називаються **кабелями**. Силові кабелі виготовляються з мідними або алюмінієвими жилами і бувають три – або чотирижильними. Приклад конструкції силового кабелю 6 кВ наведений нижче.

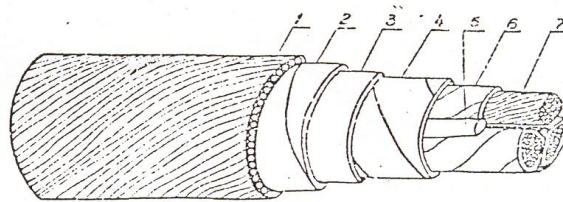


Рис. 64. Конструкція силового кабелю 6 кВ:

1 – джутовий покрив, промочений бітумом; 2 – сталева стрічкова броня; 3 – винцева оболонка; 4 – поясна паперова ізоляція, промочена компаундом; 5 – паперовий заповнювач (кордель); 6 – фазова паперова ізоляція, просочена компаундом; 7 – ущільнена секторна жила

Електричні мережі можуть бути **низьковольтними (до 1 кВ)** та **високовольтними (1 кВ і вище)**. Елементи сучасних електричних мереж виконуються на різні номінальні напруги, тобто такі напруги, які відповідають їх номінальній і економічній роботі. Зараз існує така шкала номінальних напруг змінного струму: 0,22; 0,38; 0,66; 3; 6; 20; 35; 110; 220; 330; 500; 750; 1150 кВ (тільки для країн СНД).

Мережі можуть бути постійного та змінного струму. Зараз більшість мереж виконуються змінного струму. Постійний струм використовують переважно тоді, коли треба передати дуже великі потоки енергії на понаддальні відстані. Такі лінії мають менші втрати у порівнянні з ЛЕП змінного струму.

10.2. Трансформатор

Трансформатори (від латинської – **transformo** – перетворюю) та автотрансформатори знайшли широке застосування в електроенергетиці для перетворення рівнів напруг електроенергії, що передається від виробника до споживача, та для розподілу електроенергії між окремими електроустановками та споживачами. За рівнем перетворення напруги, що передається через трансформатор, трансформатори бувають **понижуючі** або **підвищуючі**. За кількістю обмоток – **двообмоткові, триобмоткові та багатообмоткові**, а в окремих випадках – з **розщепленими обмотками** низької напруги. За кількістю фаз – **однофазні та трифазні**.

Найбільшого розповсюдження дістали трифазні трансформатори через їх економічні переваги перед однофазними. Однофазні трансформатори виготовляються тільки у тих випадках, коли неможливо виготовити трифазні трансформатори необхідної потужності або дуже ускладнено їх транспортування.

В установках з напругою 110 кВ і вище останнім часом широко застосовуються автотрансформатори, які через свою конструкцію і схеми сполучення обмоток високої і середньої напруги мають менші габарити і відповідно меншу вартість.

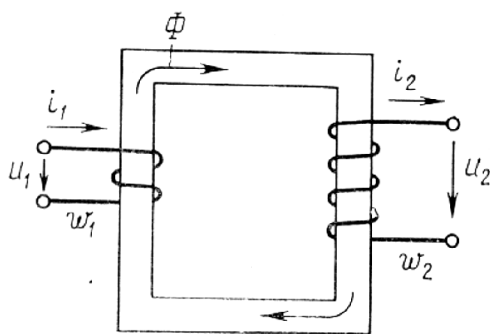


Рис. 65. Схема двообмоткового трансформатора

Найпростіший трансформатор складається із залізного магнітопроводу, на якому розташовані дві обмотки з різною кількістю витків w_1 і w_2 (рис. 65).

Змінний **магнітний потік** Φ , який проходить через **сердечник**, наводить у **катушках** е.р.с., величини яких пропорційні кількості витків.

$$l = -\omega_1 \frac{d\Phi}{df},$$

$$l = -\omega_2 \frac{d\Phi}{df}.$$

Електрорушійні сили, які знаходяться у катушках, практично дорівнюють напругам. Через те, що втрати в трансформаторах невеликі, то з достатньою точністю можна вважати, що потужність, підведена до первинної обмотки, дорівнює потужності на виході вторинної обмотки

$$P_1 \approx P_2.$$

Сучасні потужні трансформатори високої напруги є складними приладами, які складаються із великої кількості конструктивних елементів, головними із яких є: магнітопровід, обмотки, ізоляція, вводи, бак, охолоджуючі пристрої, механізм регулювання напруги, захисні та вимірювальні пристрої, візок.

Загальний вигляд сучасного потужного трифазного трансформатора показаний на рис. 66, а його виємна частина (магнітопровід з обмотками на його стрижнях та ізольованими вводами високої та низької напруги) – на рис. 67.

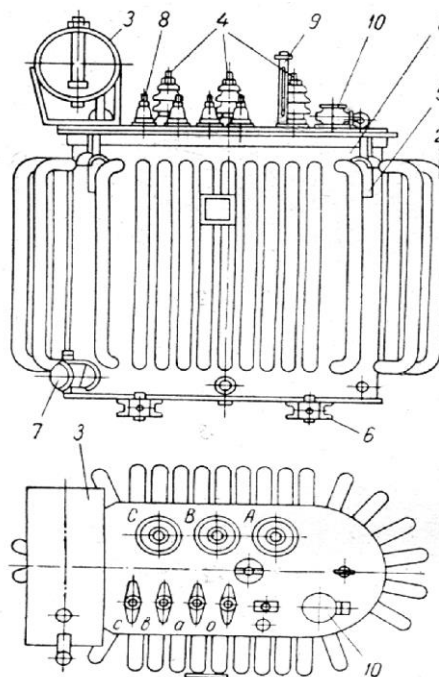


Рис. 66. Трансформатор з природнім масленим охолодженням з трубчатим баком:

1 – бак; 2 – труби; 3 – розширювач; 4 – вводи ВН; 5 – гак для підйомника; 6 – коток; 7 – кран для спуску масла; 8 – вводи НН; 9 – ртутний термометр; 10 – кран для заливки масла

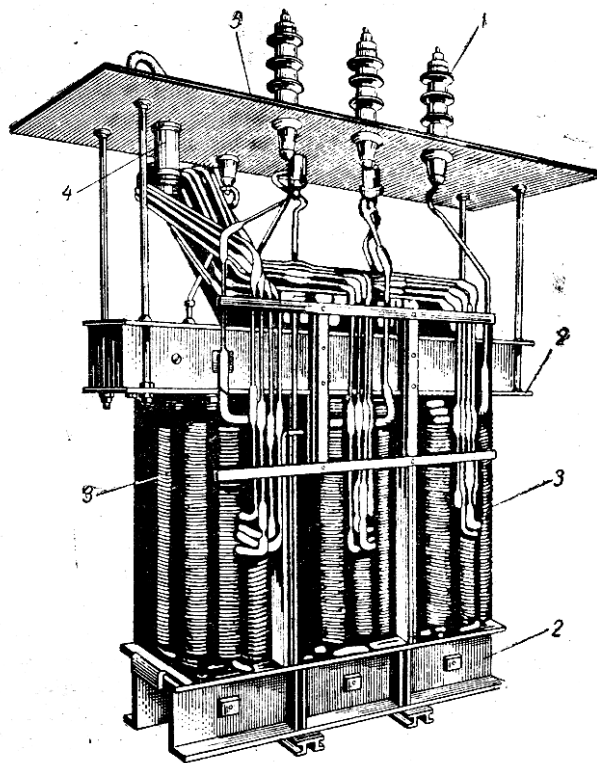


Рис. 67. Виймальна частина трансформатора:
1 – вводи ВН; 2 – ярмова балка; 3 – обмотки; 4 – перемикач відгалужень обмотки;
5 – вводи НН

При протіканні струму через обмотки трансформатора у них виділяється багато тепла, через що обмотки та магнітопровід трансформатора нагріваються. Для їх охолодження застосовується повітря, або спеціальне трансформаторне масло, яке заливається в бак трансформатора. На потужних трансформаторах, де виділення тепла дуже велике, застосовують додаткові засоби для охолодження масла. При циркуляції цього масла його виводять в трубах на зовні, а далі або обдувають їх повітрям за допомогою повітряного вентилятора, або ж додатково прискорюють його циркуляцію по трубах.

Трансформаторне масло, яке заливають у бак, крім тепловідводячої та функції охолодження обмоток і магнітопроводу, виконує функцію ізоляції обмотки від корпусу трансформатора.

Автотрансформатор на відміну від трансформатора має іншу схему з'єднань обмоток високої та середньої напруги, ніж у звичайних трансформаторів (рис. 68). Ці обмотки мають безпосередній електричний зв'язок між собою, і тому потужність від первинної до вторинної обмотки передається не тільки електромагнітним шляхом (через магнітопровід), але й безпосередньо електричним шляхом.

В усьому іншому конструктивних відмін від трансформаторів автотрансформатори не мають.

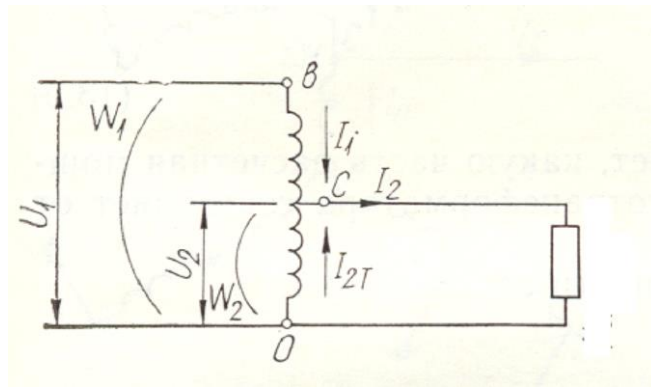


Рис. 68. Принципова схема автотрансформатора

10.3. Комутаційне обладнання

До комутаційного обладнання на високій напрузі відноситься вимикач, роз'єднувач.

Вимикач – це апарат, який призначений для включення і відключення ланок високої напруги у нормальних і аварійних режимах. Вимикачі є одними із найбільш відповідальних апаратів в електричних установках, бо відмова в їх роботі може привести до дуже негативних наслідків і навіть до розвитку аварії. Вимикач повинен за дуже короткий час вимикати ланку при короткому замиканні, коли струм у цій ланці буде досягати дуже великих значень (тисячі ампер).

Конструктивно високовольний вимикач складається із корпусу, в якому вмонтовані пристрої гасіння дуги, яка виникає при розходженні контактів, через які тече струм. У середині корпусу вимикача звичайно знаходиться дугогасне середовище (масло, повітря, елегаз та ін.). За способами гасіння дуги та конструкціями розрізняють **масляні, повітряні, элегазові, вакуумні, електромагнітні вимикачі**. Загальний вигляд сучасних повітряних високовольних вимикачів показано на рис. 69.



Рис. 69. Повітряні вимикачі

Роз'єднувачем називається апарат, призначений для вимикання та включення ланок високої напруги при відсутності у них струму. При проведенні ремонтних робіт в електроустановках роз'єднувачі створюють надійний видимий розрив між частинами, які залишилися під напругою, і апаратом, який виведено у ремонт. Контактна система роз'єднувача не має дугогасних пристроїв і тому при відключенні значних струмів між контактами виникає стійка дуга, яка може привести до його пошкодження та аварії в розподільному пристрої. Щоб уникнути цього перед операціями з роз'єднувачами, електрична ланка повинна бути знеструмлена за допомогою вимикача. Загальний вигляд сучасного роз'єднувача показаний на рис. 70.

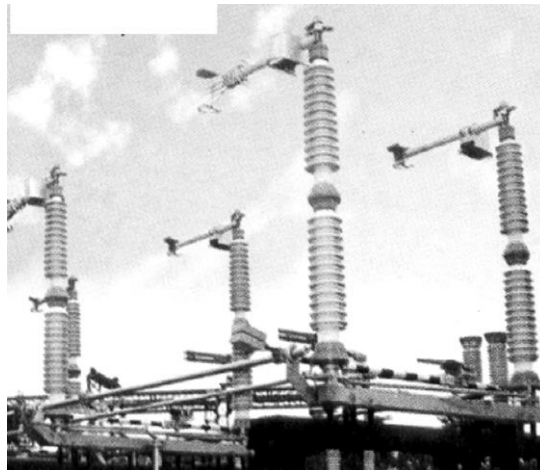


Рис. 70. Високовольтні роз'єднувачі

У цьому випадку контакти роз'єднувача розходяться у горизонтальній площині, але є роз'єднувачі з так званими «рублячими ножами», коли розімкнення ланки проходить шляхом підняття рухомого контакту вгору, тобто у вертикальній площині.

Вище ми дали більш детальний опис найбільш значущих видів електричного обладнання, від якого залежить надійність та економічність роботи електроустановок. Разом з тим для станцій і підстанцій, а також отримання інформації про працююче обладнання та якість електроенергії, в електричних ланках проводяться виміри цілої низки електричних величин (напруги, струму, частоти, потужності та ін.). Через те що у високовольтних установках не можна вимірювати ці величини безпосередньо, тобто прямим включенням приладів у ланку, для цієї мети застосовують спеціальні **вимірювальні трансформатори** – **трансформатори струму і трансформатори напруги**, які трансформують реальні величини значних струмів (від десятків до тисяч Ампер) та високих напруг (тисячі Вольт) у невеликі пропорційні їм величини (до 5 А та відповідно до 100 В), які можна вже вимірювати за допомогою поширених звичайних електричних приладів.

Щоб захистити обладнання та струмоведучі частини від пошкодження в електричних схемах застосовують спеціальні апарати, такі як **захисні реактори**, які зменшують у ланках струми короткого замикання, **обмежувачі пе-**

ренапруг та розрядники для захисту обладнання від підвищення рівня напруги, який може бути викликаний грозовими процесами в атмосфері або ж включенням та відключенням окремих ділянок схеми (комутації ланок).

10.4. Електричні підстанції

Електрична підстанція – електроустановка, призначена для перетворення та розподілу електричної енергії. Залежно від призначення можуть бути трансформаторними (ТП) або перетворювальними (ПП). Класифікація підстанцій показана нижче:

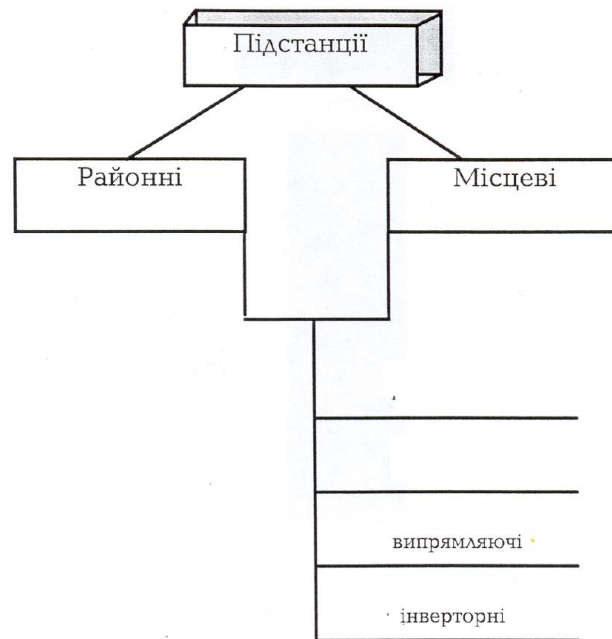


Рис. 71. Класифікація підстанцій

Основним обладнанням підстанції є силові трансформатори, які перетворюють рівень напруги електроенергії, і високовольтні апарати, які забезпечують комутацію окремих ланок та вимірювання параметрів режимів цих трансформаторів, а також їх захист від надструмів та напруг.

Підстанції, які забезпечують електропостачання великого енергетичного району називаються **районними** підстанціями. Підстанції, які забезпечують електропостачання безпосередньо конкретного об'єкта (селища, заводу, фабрики та ін.) називаються **місцевими** підстанціями. Якщо на підстанції рівень напруги енергії, яка передається, знижується, то такі підстанції називаються **понижувальними**. Якщо ж вхідна напруга електроенергії нижча, чим вихідна з шин підстанції, то така підстанція називається **підвищуючою**.

Якщо на підстанції рід струму змінюється, тобто вхідна напруга є змінною, а вихідна постійною, то така підстанція є **випрямляючою**. Якщо ж на вхід підстанції подається постійний струм, а з вихідних її шин виходить змінний струм, то така підстанція називається **інверторною**. Загальний вигляд сучасної підстанції показаний на рис. 72.

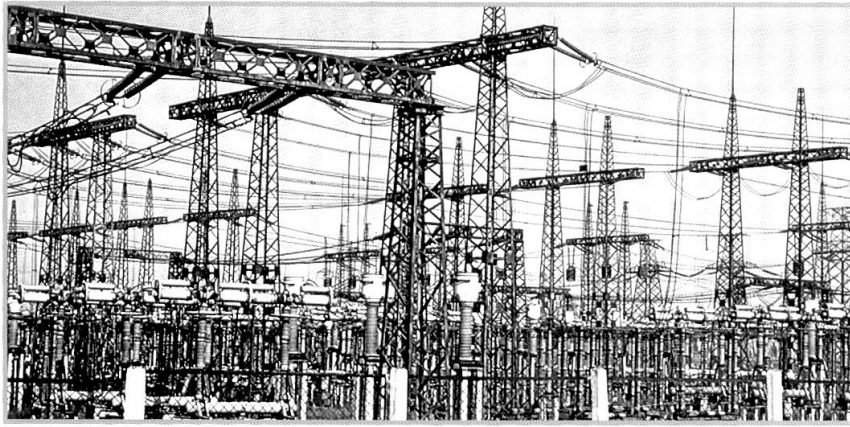


Рис. 72. Загальний вигляд сучасної понижуючої підстанції

Якщо все обладнання на підстанції установлюється на відкритому повітрі, то така підстанція називається **відкритою**. Якщо обладнання підстанції стоїть у закритому приміщенні, то підстанція носить назву **закритої**. Якщо все обладнання доставляється на місце монтажу окремо і далі монтується безпосередньо на території підстанції, то така підстанція називається **збірною**. Але є підстанції які збираються прямо на заводі і поставляються на місце їх установки вже у зібраному вигляді. Такі підстанції називаються **комплектними**. Приклад таких підстанцій показаний на рис. 73.

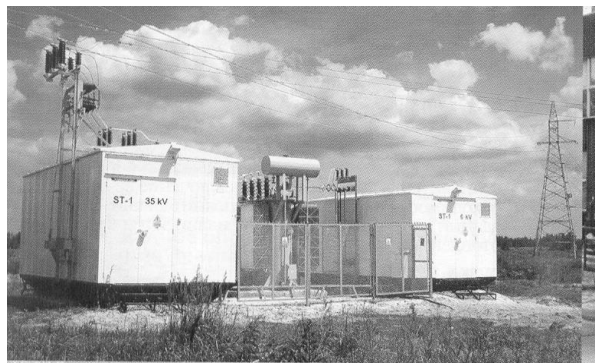


Рис. 73. Загальний вигляд комплектних підстанцій.

10.5. Електричні схеми

З'єднання електричного обладнання та електричних апаратів між собою встановлюють відповідну технологічну або функціональну послідовність процесів, що відбуваються в електроустановках, і зображуються графічно за допомогою схем. Залежно від їх призначення та повноти зображення на них електричного обладнання такі **схеми** можна підрозділити на:

- структурні схеми (або їх ще інколи називають блок-схемами);
- принципові схеми електричних з'єднань;
- оперативні схеми;
- монтажні схеми.

За способом зображення вони підрозділяються на **однолінійні** та **трилінійні (трифазні)**.

Структурні схеми зображуються на кресленнях за допомогою прямокутників, з'єднаних між собою у відповідній послідовності. Всередині кожного такого прямокутника записується його функціональне призначення. Як приклад на рис. 74 наведена така структурна схема ТЕЦ.

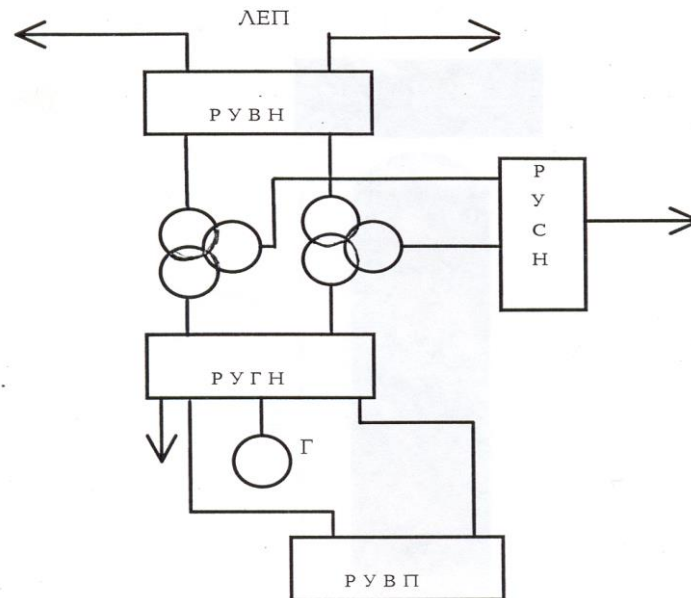


Рис. 74. Структурна схема ТЕЦ:

РУ ВН – розподільна установка високої напруги; РУ СН – розподільна установка середньої напруги; РУ ГН – розподільна установка генераторної напруги;
 РУ ВП – розподільна установка власних потреб

Під розподільною установкою (РУ) в електроенергетиці розуміють електричну установку, яка служить для прийому електричної енергії від джерел живлення та віддачі цієї енергії у систему або розподільну мережу. У РУ здійснюється зв'язок ланок однієї й тієї ж напруги, і при цьому всі ланки через вимикачі та роз'єднувачі приєднуються до загальної ділянки струмоведучих частин. На електричних станціях споруджуються РУ кількох напруг. Кількість РУ залежить від типу станції, наявності наближених споживачів, напруги зв'язку з системою та ін. Розподільна установка генераторної напруги виконується головним чином на ТЕЦ із генераторами малої потужності (до 60 МВт) у випадках, коли значна доля електроенергії передається споживачам на генераторній напрузі.

Однак у останній час ТЕЦ споруджуються із агрегатами великої потужності (100–250 МВт) і розміщуються за межами міста, і, отже, передачу електроенергії від них вигідніше проводити на підвищеній напрузі, як це роблять на КЕС. У цьому випадку необхідність РУ генераторної напруги відпадає.

Принципові схеми електричних з'єднань розподіляють на дві групи: **основні та допоміжні**. Основні схеми прийнято називати головними схемами електричних з'єднань, а допоміжні – вторинними схемами електричних з'єднань. **Головні схеми** зображують основне обладнання електричних станцій та підстанцій, яке приймає безпосередню участь у технологічному процесі

виробки, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії. До такого обладнання відносяться генератори, трансформатори силові, комутаційні апарати та струмопровідні частини, які з'єднують ці елементи між собою, а також вимірювальні трансформатори, розрядники та струмообмежуючі реактори.

Якщо на схемі зображуються всі три фази елемента, то така схема називається трилінійною. Враховуючи симетричність фаз трифазних апаратів та обладнання, а також із метою спрощення їх зображення та для полегшення читання принципів схем, їх звичайно зображують однолінійними, тобто накреслюють тільки одну фазу установки. У тих випадках, коли які-небудь апарати встановлюються не в усіх фазах якогось обладнання, то на однолінійних схемах для цього пристрою зображують із трьома фазами, де показують приєднання до них усіх приєднань, приладів та апаратів. Приклад головної схеми електричних з'єднань КЕС з однолінійним зображенням показаний на рис. 75.

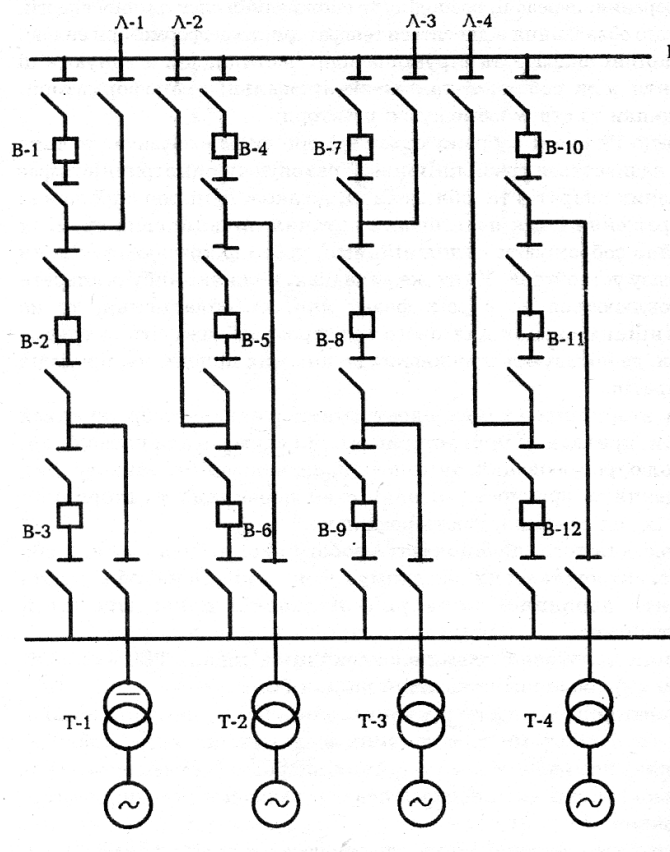


Рис. 75. Головна схема електричних з'єднань КЕС

На вторинних схемах електричних з'єднань зображуються апарати, прилади та інші пристрої, які служать для управління, контролю, регулювання, автоматики, сигналізації та захисту. Для спрощення та зручності читання схем первинних та вторинних ланок їх, як правило, дають роздільно.

Іноді для того, щоб показати роботу якої-небудь частини або вузла електроустановки на одному і тому ж кресленні об'єднують елементи первинної та вторинної ланок та показують їхній взаємозв'язок.

Оперативні схеми електричних станцій і підстанцій становлять головні схеми електричних з'єднань, на яких показані відповідні положення комутаційних апаратів («включено», «виключено»). Вони відповідають певним режимам роботи електроустановки.

І нарешті, **монтажні схеми** електроустановок відрізняються від раніше розглянутих схем тим, що на них зображуються всі елементи монтуємого електрообладнання та взаємозв'язки між ними із зазначенням просторового їхнього взаємоположення (рівнів, поворотів, підводів та ін.). На таких схемах зображується спосіб проводки, перетин дротів, їхнє маркування та ін. Такі схеми потрібні для виконання монтажних та ремонтних робіт.

Головні схеми електричних з'єднань електричних станцій.

Як було вже сказано, що до складу головних схем електричних станцій входить основне технологічне електрообладнання, комутаційна апаратура, вимірювальні трансформатори та високовольтні апарати для захисту обладнання від надструмів та перенапруг. Вони, як правило, включають в себе схеми на генераторній напрузі і схеми високовольтних розподільних установок, із шин яких електроенергія видається у мережу.

Схеми конденсаційних станцій, гідроелектричних станцій, атомних станцій і теплових станцій із генераторами потужністю вище 60 МВт виконуються **за блочним принципом, а саме: «котел-генератор-блочний трансформатор»**, без збірних шин на генераторній напрузі. В окремих випадках блок може включати у себе і лінію електропередач.

Приклади блочних схем показані на рис. 76. На ТЕЦ з агрегатами малої потужності (до 60 мВт) на генераторній напрузі застосовуються схеми із збірними шинами, як це показано на рис. 77.

Існує величезна кількість різноманітних схем електричних з'єднань для різних розподільних установок високої напруги. Їх вибір залежить від багатьох факторів. Такі схеми можуть виконуватися із збірними шинами і без них. Приклад схеми розподільної установки КЕС показаний на рис. 75, який показує повну однолінійну схему електричних з'єднань. Там же видно, як приєднуються блоки до схем РУ. На схемі видно і лінії електропередач (ЛЕП), які відходять від станції, по яким електроенергія подається у мережу і до споживачів.

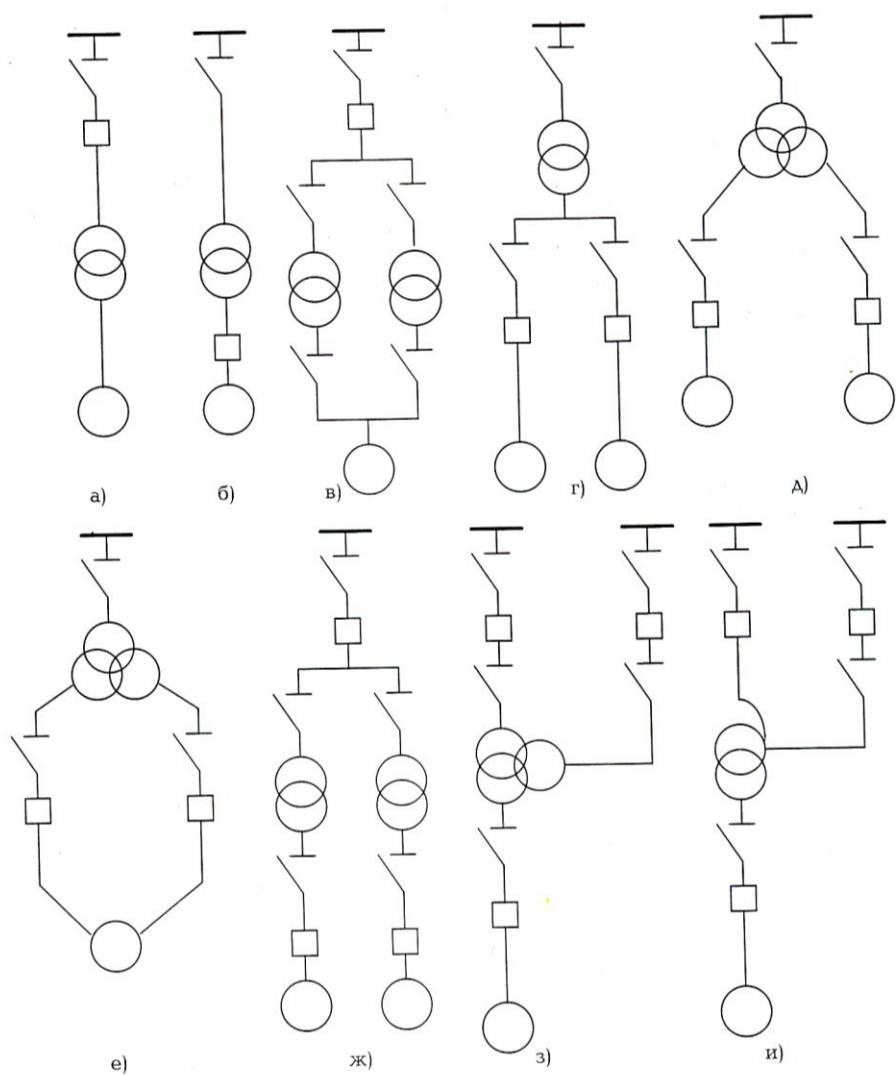


Рис. 76. З'єднання у блоки генераторів з трансформаторами

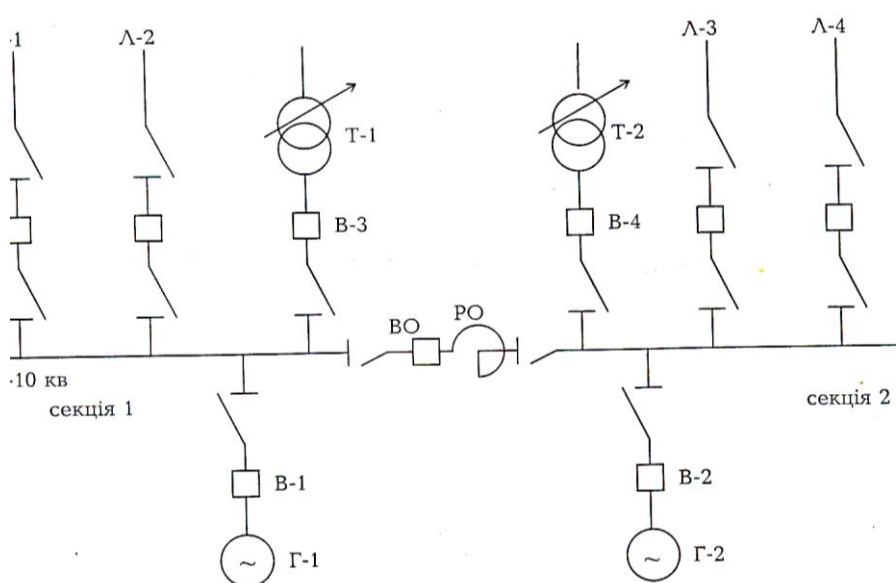


Рис. 77. Схема ТЕЦ із збірними шинами

10.6. Електроенергетичні системи

Для забезпечення безперебійного та надійного постачання споживачів всіма видами енергії підприємства, що генерують, перетворюють, розподіляють та використовують її, об'єднуються в **енергетичні системи**.

Електроенергетична система є частиною енергетичної системи і зв'язана з виробництвом, перетворенням, розподілом та споживанням **тільки** електричної енергії. До складу електроенергетичної системи **входять електричні станції, лінії електропередач, підстанції та споживачі електричної енергії**. Генератори електростанцій за допомогою електричних мереж об'єднані між собою на паралельну роботу.

Як приклад на рис. 78 показана спрощена принципова електрична схема однієї із можливих електроенергетичних систем.

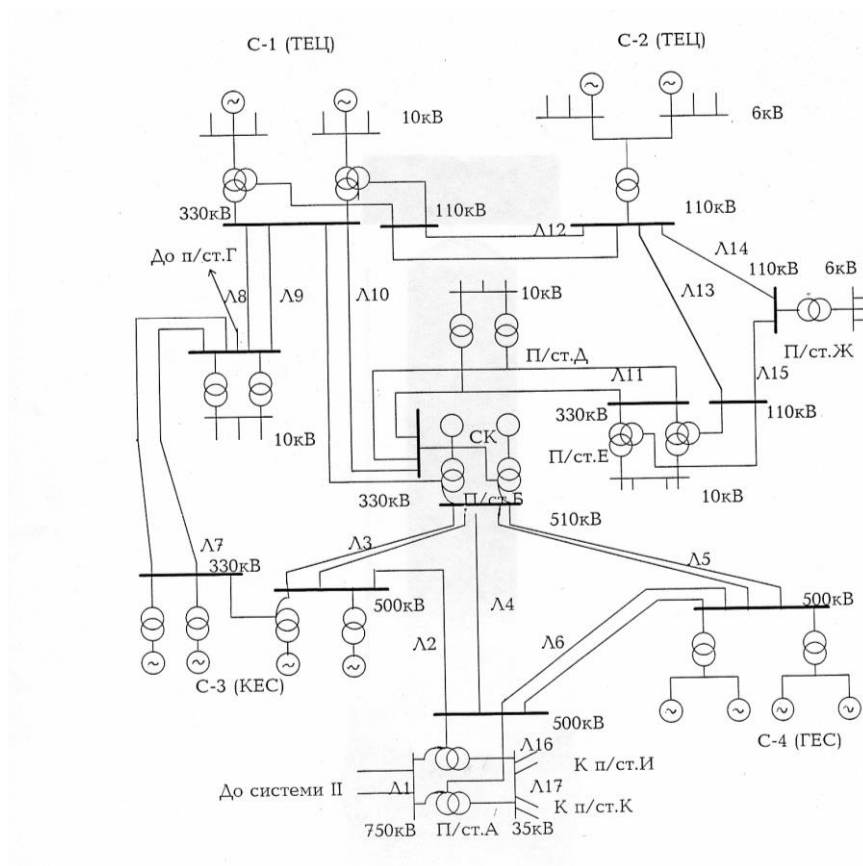


Рис. 78. Принципова схема електроенергетичної системи

Таке об'єднання має великі техніко-економічні переваги у порівнянні із електропостачанням споживачів безпосередньо від окремих електростанцій. З'являється можливість економічно використовувати обладнання та енергетичні ресурси, завантажуючи, у першу чергу, найбільш нове і найбільш економічне обладнання. В енергетичній системі збільшується надійність та безперебійність електропостачання, полегшується створення необхідного резерву потужності та проведення ремонту обладнання.

Основу такої системи складають потужні електростанції (КЕС, ТЕЦ, АЕС, ГЕС), які об'єднуються між собою на паралельну роботу за допомогою

ЛЕП зв'язку. Такі міжсистемні зв'язки виконуються, як правило, на напрузі 330 кВ і вище. Розподіл електроенергії в енергосистемі ведеться на напрузі 35–220 кВ, а місцеві розподільні мережі виконуються на напрузі 6–10 кВ.

Окремі енергетичні системи можуть об'єднуватися між собою в об'єднані енергетичні системи (ОЕС). Такі об'єднання можуть охоплювати значну територію країни і навіть всю її територію.

10.7. Менеджмент електричної енергії при її передачі

Об'єктами енергоменеджменту електричної енергії при її передачі є ЛЕП, трансформатори, режимні параметри процесу передачі, розподілу, споживання електричної енергії та електроспоживаюче обладнання. Енергоменеджмент у системах електропостачання допомагає здійснити огляд процесу передачі, розподілу та споживання електричної енергії, виявити необхідну кількість електричної енергії для забезпечення людських потреб, закупівель, збитків та неефективних процесів. На основі цієї інформації можна визначити потенціал економії, необхідність та розмір інвестиційних витрат.

Після цього розробляється робочий документ із викладенням найважливіших запланованих заходів, а зворотній зв'язок забезпечить максимально можливу ефективність процесу модернізації.

До основних заходів, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності, відносяться:

- зниження опору ліній електропередач;
- підвищення, по можливості, рівня напруги при передачі електричної енергії та живленні споживачів;
- оптимальне завантаження силових трансформаторів та іншого електротехнічного обладнання;
- використання енергозберігаючого електроспоживаючого обладнання;
- оптимізація режимних параметрів систем електропостачання та боротьба з втратами електроенергії.

Запитання для самоперевірки

1. Сформулюйте визначення електричних мереж.
2. Що таке лінії електропередач, які вони бувають?
3. Назвіть основні конструктивні елементи ліній електропередач і
4. поясніть призначення кожного з них.
5. Назвіть призначення силових трансформаторів і автотрансформаторів та опишіть принцип їх роботи.
6. Назвіть основні конструктивні елементи трансформаторів.
7. Покажіть основну відміну автотрансформатора від трансформатора.
8. Назвіть основне призначення вимикачів.
9. Назвіть призначення роз'єднувачів і у чому полягає їх основна роль.
10. У чому полягає їх основна конструктивна відміна від вимикачів?
11. Для чого у високовольтних ланках застосовують вимірювальні трансформатори?

11. ПЕРЕДАЧА ТА РОЗПОДІЛ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

11.1. Класифікація теплових систем

Відомо, що теплову енергію можна отримати на ТЕС, у котельнях, та за допомогою геліоколекторів. Зазвичай, коли говорять про виробництво теплової енергії, мають на увазі процеси опалювання і гарячого водопостачання. Для узагальнення **процеси опалювання і гарячого водопостачання називають процесами теплопостачання.**

Вироблена тепла енергія має бути доставлена до споживача теплоти з найменшими втратами. Для доставки теплоти до споживачів джерело теплоти джерела теплоти бажано розміщувати безпосередньо біля споживача (**автономна система теплопостачання**) або транспортувати її до споживача по спеціальним трубопроводам з наступним розгалуженням (**централізована система теплопостачання**).

У законі «Про теплопостачання» вводяться такі поняття:

- **система централізованого теплопостачання** – сукупність джерел теплової енергії, магістральних та місцевих (розподільчих) теплових мереж, що об'єднані між собою та використовуються для теплозабезпечення споживача, населеного пункту, яка включає системи децентралізованого та помірно-централізованого теплопостачання;

- **система децентралізованого теплопостачання** – сукупність джерел теплової енергії потужністю від 1 до 3 Гкал/год, місцевих (розподільчих) теплових мереж;

- **система помірно-централізованого теплопостачання** – сукупність джерел теплової енергії потужністю від 3 до 20 Гкал/год, магістральних та/або місцевих (розподільчих) теплових мереж;

- **система автономного теплопостачання** – внутрішньобудинкова система опалення, яка використовується для теплозабезпечення окремого багатоквартирного будинку.

При централізованій системі теплопостачання використовуються теплоносії, які забирають теплоту від джерела та віддають її споживачу. Як теплоносії найчастіше застосовуються вода або пара. Воду залежно від температури навколишнього середовища і потребами нагрівають до необхідної температури і насосами подають по трубах до споживача.

Загальний вигляд передачі теплової енергії виглядає таким чином:

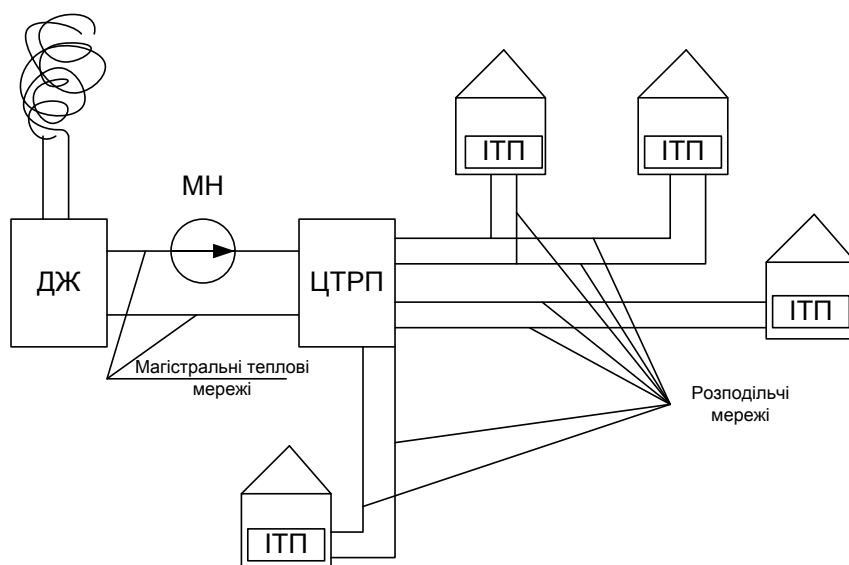


Рис. 79. Схема передачі теплової енергії від джерела до споживача (система тепlopостачання):

ДЖ – джерело тепlopостачання; МН – мережевий насос; ЦТП – централізований тепловий розподільчий пункт; ІТП – індивідуальний тепловий пункт

Джерелом тепlopостачання може бути теплоелектроцентрально або котельня.

У котельнях на відміну від ТЕЦ виробляється тільки тепла енергія. Основним пристроєм котельні є паровий або водогрійний котел. Залежно від того, який котел встановлено на котельній, виробляється відповідно пара або гаряча вода. Пара в основному використовується для виробничих потреб промислових підприємств, наприклад, у парових кузнях, а гаряча вода – для потреб опалення та гарячого водопостачання. На рис. 80 наведено принципову теплову схему котельні з водогрійним котлом.

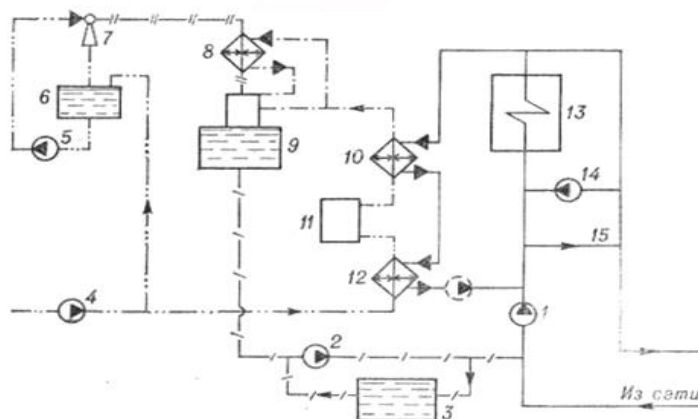


Рис. 80. Принципова тепла схема водогрійної котельні:

1 – мережевий насос; 2 – насос підпитки; 3 – бак води підпитки; 4 – насос початкової води; 5 – насос подачі води до ежектора; 6 – витратний бак ежекторної установки; 7 – водогрійний ежектор; 8 – охолоджувач випару; 9 – вакуумний деаератор; 10 – підігрівач хімічно очищеної води; 11 – фільтр хімводоочищення; 12 – підігрівач вихідної води; 13 – водогрійний котел; 14 – рециркуляційний насос; 15 – лінія перепуску

Ежектор (франц. **ejecteur** – від **ejecter** – викидати) – струминний апарат, у якому для відсмоктування газів та рідини використовується кінетична енергія іншого газу чи рідини, які проходять через нього.

Розглянемо більш детально основні ланки, які використовуються при передачі та розподілі теплової енергії.

11.2. Теплові мережі

Теплова мережа – це система вкритих тепловою ізоляцією трубопроводів централізованого теплопостачання, по яким теплота переноситься теплоносієм від джерела до споживачів. Залежно від теплоносіїв теплові мережі діляться на водяні та парові. У великих містах, як правило, використовують теплоносій з первиною температурою теплопостачання 150 °С, а після використання – 70 °С. Вода у теплових мережах повинна мати тиск, при якому не буде відбуватися її закипання (при 150 °С повинен підтримуватися тиск 0,5 МПа.) Залежно від температури зовнішнього повітря температура води (теплоносія) змінюється згідно з температурним графіком.

Для виготовлення трубопроводів використовують такі матеріали:

- **сталь**. Для сталевих труб властива висока міцність, пожежобезпека, газова герметичність. До недоліків цього матеріалу можна віднести корозійну несталість, через що строк їх експлуатації відносно малий і складає 15 років. Крім цього, сталеві труби відрізняються працездатністю монтажу. На сьогоднішній день більша частина теплових мереж в Україні виготовлена саме зі сталі (приблизно 70 %);

- **чавун**. На відміну від сталі цей матеріал не має схильності до корозії, однак є дуже масивним, крихким, складний у монтажних роботах;

- **мідь**. Це дуже дорогий матеріал і при масовому впровадженні є нерентабельним;

- **пластмаси**. На даний момент нараховується декілька їх основних різновидів: труби з ПВХ, поліетилену, металопластику, а також поліпропілену. Останній тип найбільш довершений та за характеристиками перевершує інші. Для поліпропіленових труб властива стійкість до корозії, вони мають низьку теплопровідність (у деяких випадках не потребують навіть ізоляції). Крім цього, вони екологічні, дуже прості в монтажі. Строк їх служби складає більш 50 років.

Теплові мережі розділяють:

- **на магістральні** (від джерела теплоти до населених місць);
- **розподільні** (відгалуження від магістральних теплових мереж до групи будівель);
- **відгалуження** – трубопровід до окремої будівлі (точніше до обрізу фундаменту або стіни будівлі).

На вводах магістральних теплових мереж на територію житлових масивів споруджують **теплові пункти**, призначені для обліку, розподілу і контролю параметрів теплоносіїв, які відпускаються ТЕЦ або котельнею.

Залежно від способу подачі теплоти до місцевих систем гарячого водопостачання водяні **теплові мережі бувають двох типів: закриті і відкриті**. При закритій системі вода (або пара) віддає свою теплоту в місцевих системах і повністю повертається до котельні. Закриті теплові мережі передбачають нагрів води через поверхні, де теплоносій (пара або перегріта вода) і вода, що нагрівається, не стикаються, а теплота передається через поверхню теплообміну.

При відкритій системі вода (або пара) частково, а в окремих випадках і повністю, відбирається у місцевих установках. Відкриті теплові мережі передбачають безпосереднє змішення мережної води з водою, яка нагрівається у змішувальних пристроях, в яких вода, що нагрівається, вступає у безпосередній контакт з теплоносієм.

Теплові мережі бувають **підземні і надземні**.

До підземних теплових мереж відносять мережі, що прокладаються у непрохідних, напівпрохідних і прохідних каналах та загальних колекторах спільно з іншими інженерними комунікаціями. Для цих мереж може застосовуватися також безканальна прокладка. Надземна прокладка здійснюється на естакадах або на низьких опорах.

При підземній прокладці вздовж траси споруджуються камери для розміщення замкової і дренажної арматури та компенсуючих пристроїв, що вимагають обслуговування, ніші для гнутих компенсаторів, а також опори. При надземній прокладці передбачаються обслуговуючі майданчики. Спосіб прокладки мереж вибирають на підставі техніко-економічного порівняння варіантів.

При експлуатації теплопроводів вони сильно нагріваються і через це їх лінійні розміри змінюються (збільшуються). Подовження теплопроводу при нагріванні залежить від коефіцієнта лінійного розширення матеріалу і не залежить від діаметра і товщини його стінок. Подовження сталевих теплопроводів складає у середньому 1,2 мм на 1 м довжини, при нагріванні на кожних 100 °С. Так, наприклад, теплопровід завдовжки 50 м, через який протікає гаряча вода, що має температуру 100 °С, подовжується на 60 мм.

Якщо не прийняти відповідних заходів, трубопровід вигнеться і трісне, що приведе до аварії. Для попередження таких аварій на його окремих прямих ділянках встановлюють спеціальні компенсаційні пристрої у вигляді ліровидних і П-образних зігнутих труб (рис. 81).

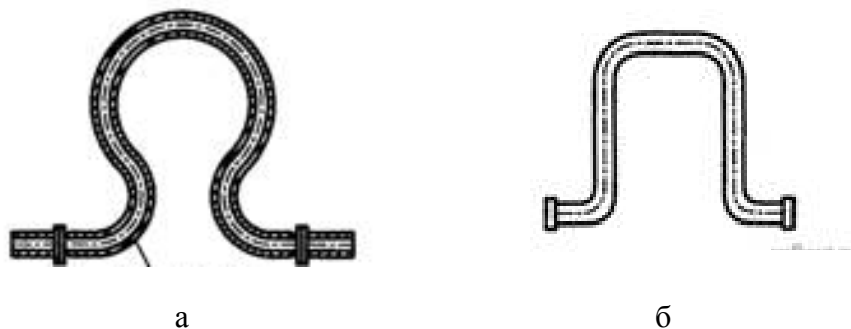


Рис. 81. Компенсатори: а – ліровидний, б – П-образний

При цьому окремі ділянки теплопроводу жорстко закріплюють на кінцях до нерухомих опор. Між кожними такими двома «**мертвими точками**» має бути встановлений один компенсатор, який і розвантажує ці точки від сил, що діють на них, при подовженні теплопроводу на даній ділянці.

У даний час при проектуванні теплопроводів прагнуть, якщо це можливо, замість установки компенсаторів застосовувати гнуті труби (коліна) з радіусом кривизни не менше $(6 \dots 8) D$, де D – зовнішній діаметр труби. У цьому випадку термічні подовження поглинаються у результаті еластичності самої системи теплопроводу, тобто за рахунок її самокомпенсації.

Відповідальними елементами теплопроводу є його опори. Вони не лише переймають на себе вагу всієї системи, але направляють рух теплопроводу під дією термічних подовжень. **Розрізняють нерухомі і рухливі опори.**

Нерухомі опори (рис. 82) використовують як мертві точки разом з природними мертвими точками у вигляді місць приєднань теплопроводу до котла, водоочисника та іншого устаткування.

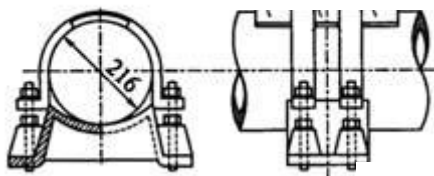


Рис. 82. Нерухома опора

Основним типом **рухливих опор** є роликова опора (рис. 83), яка дає можливість вільно переміщатися теплопроводу при його подовженні. Опора є металевою підкладкою, прикріпленою до труби за допомогою хомута, при цьому вона спирається на ролик.

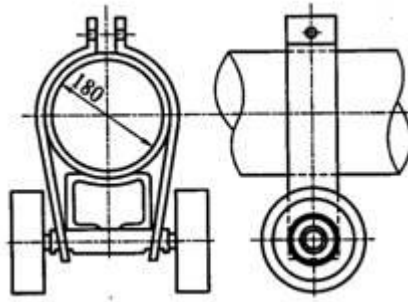


Рис. 83 Рухлива роликова опора

11.3. Теплові пункти

Тепловий пункт (ТП) – це комплекс устаткування, розташований в окремому приміщенні, який забезпечує опалювання і гаряче водопостачання будівлі або групи будівель.

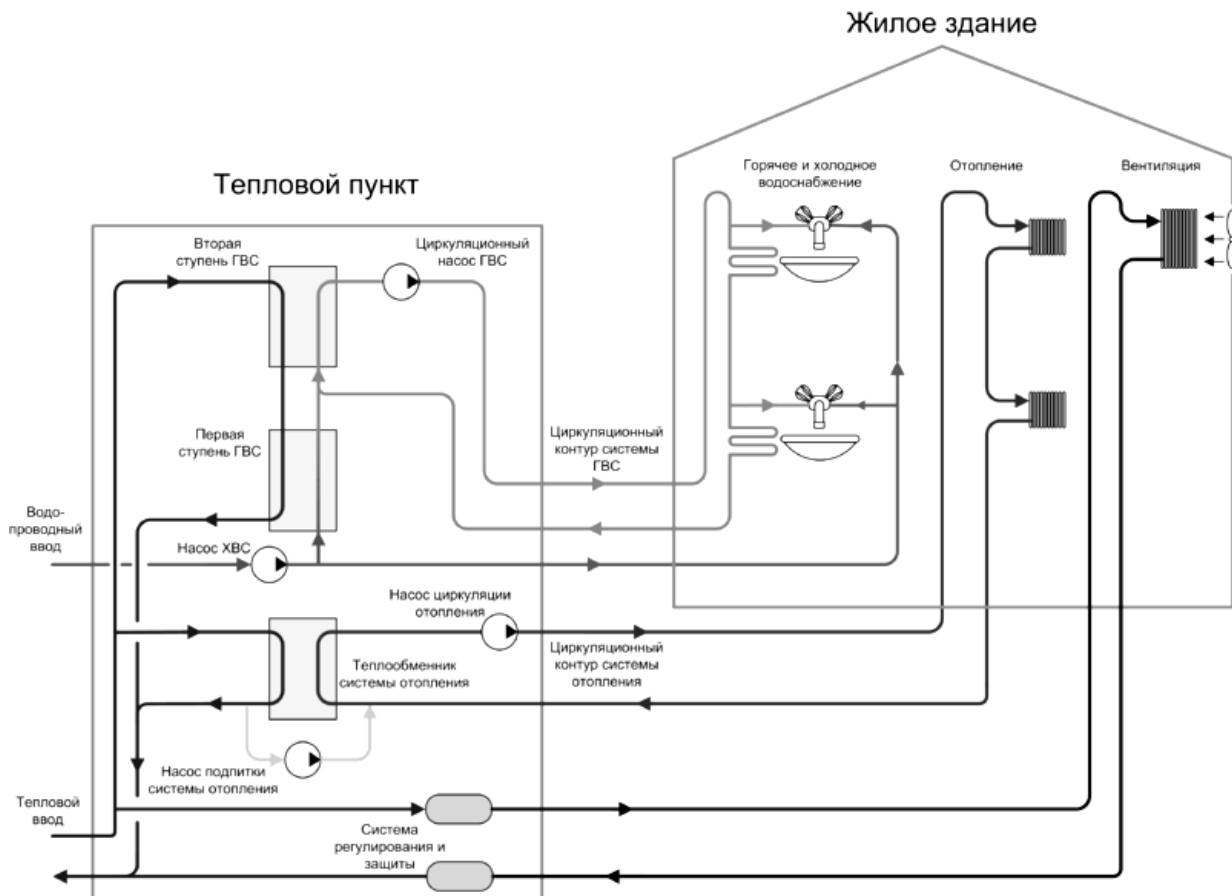


Рис. 84. Принципова схема теплового пункту

Основна відмінність ТП від котельні полягає у тому, що у котельні відбувається нагрів теплоносія за рахунок згорання палива, а тепловий пункт працює з нагрітим теплоносієм, який поступає з централізованої системи. Нагрів теплоносія для ТП проводять теплогенеруючі підприємства (промислові котельні і ТЕЦ).

Центральний тепловий пункт (ЦТП) – це тепловий пункт, який обслуговує групу будівель, наприклад, мікрорайон, селище міського типу, промислове підприємство. Необхідність у ЦТП визначається індивідуально для кожного району на підставі технічних і економічних розрахунків. На практиці зводять один центральний тепловий пункт для групи об'єктів з витратою теплоти 12–35 МВт.

ЦТП є посередником між магістральними і розподільними тепловими мережами або теплогенерируючими підприємствами і кінцевими споживачами.

Основні функції центрального теплового пункту (ЦТП) такі:

- перетворення форми теплоносія (наприклад, перетворення пари на перегріту воду);
- зміна параметрів теплоносія, таких як тиск і температура ;
- управління витратами теплоносія;
- розподіл теплоносія за системами опалювання і гарячого водопостачання;
- водопідготовка для систем гарячого водопостачання;
- захист вторинних теплових мереж від підвищення параметрів теплоносія;
- відключення опалювання або гарячого водопостачання у разі потреби;
- контроль витрати теплоносія та інших параметрів системи, автоматизація та управління нею.

Як правило, центральний тепловий пункт – це одноповерхова будівля, що стоїть окремо, з розташованим у ньому устаткуванням і комунікаціями.

Основна причина, за якою виникає необхідність у будівництві ЦТП, є невідповідність параметрів теплоносія, що поступає від теплогенерируючих підприємств параметрам теплоносія в системах споживачів тепла. Температура і тиск теплоносія у магістральному трубопроводі значно вищі, ніж має бути у системах опалювання і гарячого водопостачання будівель. Теплоносій із заданими параметрами є основним продуктом роботи ЦТП.

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) – установка, яка служить для підготовки і розподілу води у мережі і теплової енергії в одній або декількох системах теплоспоживання, розташованих в одній будівлі або споруді (або у її частці).

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) використовується для обслуговування одного споживача. Він може розташовуватися у підвальному або технічному приміщенні будівлі, або в споруді, що стоїть окремо. Особливо доцільно обладнувати ІТП при зведенні нового об'єкта.

У ІТП теплоносій прямує у теплообмінники, де, охолоджуючись, віддає теплову енергію на обігрів приміщення, нагрів гарячої води і повітря для вентиляції.

У теплових пунктах передбачається розміщення устаткування, арматури, приладів контролю, управління і автоматизації. Тепловий пункт (індиві-

дуальний тепловий пункт) виконує прийом теплоносія, його перетворення, розподіл між споживачами, облік теплоспоживання, автоматично забезпечуючи при цьому: необхідні параметри теплоносія у системах опалювання і вентиляції, для підтримки необхідних температурних умов у приміщеннях; температуру води у системі ГВП; узгодження і стабілізацію гідравлічних режимів у теплових мережах і у системах теплоспоживання.

ІТП забезпечує використання енергоефективного устаткування в оптимальному тепловому і гідравлічному режимах; зниження експлуатаційних витрат за рахунок обліку фактично спожитої абонентом теплової енергії; мінімізацію площі розміщення устаткування при дотриманні нормативних вимог і зручності експлуатації; відмову від чотиритрубною магістральної системи і перехід до двотрубною, що забезпечують індивідуальне підведення теплопостачання тільки до будівель, через що досягається скорочення протяжності внутрішньоквартальних теплових магістралей.

11.4. Менеджмент теплової енергії при її передачі

Об'єктами енергоменеджменту теплової енергії при її передачі є всі складові теплової мережі і систем теплопостачання, зокрема: системи трубопроводів, обладнання теплових пунктів, огорожувальні конструкції будівель, режимні параметри процесу передачі, споживання, опалювальні прилади, крани та арматура гарячого водопостачання.

Енергоменеджмент у системах теплопостачання дозволяє здійснити огляд процесу передачі, розподілу та споживання теплової енергії, виявити необхідну кількість теплової енергії для забезпечення потреб, закупівель, збитків, неефективних процесів. На основі цієї інформації можна визначити потенціал економії, необхідність та розмір інвестиційних витрат.

Моніторинг цих систем і процесів дає змогу розробити робочий документ із викладенням найважливіших запланованих заходів, а зворотній зв'язок забезпечує максимально можливу ефективність процесу модернізації.

До основних заходів, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності можна віднести:

- регулювання температури теплоносія залежно від температури зовнішнього повітря;
- зниження температури у системі опалення на ніч;
- ефективне технічне обслуговування обладнання;
- зонування приміщень за призначенням та ступенями надходження сонячної радіації;
- налаштування гідравлічної системи;
- встановлення термостатних клапанів;
- заміна неефективних насосів;
- проектування, по можливості, підземної прокладки трубопроводів;
- теплоізоляція трубопроводів;
- утеплення та ревізія водозапорної арматури;
- застосування примусового прокачування теплоносія;

- акумулювання гарячої води;
- ущільнення кранів та арматури;
- використання поновлювальних джерел енергії.

Зниження втрат у системах теплопостачання приведе до зменшення витрати палива і, як наслідок, зменшення грошових витрат та негативного впливу на екологію. Наприклад, при спалюванні 1 т.у.п. в атмосферу викидається 4,5 кг азотних з'єднань і 20 кг сірчаних з'єднань і твердих попільних часток.

Запитання для самоперевірки

1. Назвіть основні види теплових систем і їх принципові відзнаки?
2. Що таке тепла мережа? Назвіть її основні складові.
3. Для чого застосовуються теплові пункти і як вони підрозділяються ?
4. Яким чином компенсують теплове розширення теплопроводів?
5. Що таке центральний тепловий пункт і для чого він служить?
6. Нарисуйте спрощену принципову схему теплового пункту.
7. Назвіть основні принципи менеджменту теплової енергії при передачі.

12. СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ

12.1. Споживання енергії в населених пунктах

Більше половини населення планети проживає зосереджено, у містах і населених пунктах міського типу. Саме на розвиток і функціонування цієї частини населення у промислово розвинених країнах витрачається до 80 % всієї споживаної енергії. Тенденція зростання долі міського населення на планеті у майбутньому буде посилюватися.

З одного боку, найбільші міста світу, такі як Токіо, Москва, Париж, Нью-Йорк, уже зараз перетворюються на міські агломерати, зростаючись з міськими передмістями, з іншого – виникатиме все більше маленьких комфортних міст, що гармонійно будуть вписуватися у ландшафт, який оточує їх.

Життя сучасного міста неможливе без надійно працюючої енергетичної інфраструктури, що включає джерела ПЕР, установки для їх перетворення, мережі їх транспорту і системи розподілу і, нарешті, самі споживачі. Організація життя у містах значною мірою залежать від способів і засобів їх енергозабезпечення. У свою чергу, на структуру систем постачання енергетичними ресурсами та їх споживання у побутовому, промисловому, торгівельно-комерційному, транспортному та інших секторах міського господарства, впливають кліматичні умови і географічне розташування міст і населених пунктів, їх історичне минуле, національні особливості і традиції, структура міського господарства та демографічні чинники.

Швидке зростання міського населення та вимог до якості його життя в умовах дефіциту природних ресурсів (землі і води) і традиційних видів органічного палива (вугілля, нафти, газу), посилювання вимог до довкілля та його охорони, і висувають на перший план проблему ефективності використання енергії у містах і населених пунктах. Її рішення можливе лише при комплексному підході до проектування, будівництва, реконструкції і організації житла у містах, і організації міського господарства на основі єдиної концепції раціонального витрачання всіх видів енергоресурсів.

Суть концепції полягає у таких положеннях. Енергозбереження розглядається як один із основних критеріїв при ухваленні рішень на всіх етапах містобудування і організації міського життя, починаючи з планування, проектування і кінчаючи експлуатацією житлового фонду, міських інфраструктур і регулювання ритму життя міського населення. Енергозбереження здійснюється одночасно в усіх ланках ланцюга енергозабезпечення міста, від джерел енергії до її споживачів для всіх видів енергоресурсів і енергоносіїв.

Передбачається максимальне використання природних поновлюваних, місцевих і вторинних енергоресурсів, а також стимулювання структурного енергозбереження в промисловому і транспортному секторах міського господарства, впровадження в них менш енергоємних технологій і енергозбережного устаткування.

Встановлюються пріоритетні напрямки енергосбереження на найближчий і більш довгостроковий періоди і проводиться мобілізація матеріальних, фінансових, трудових засобів і ресурсів на реалізацію цих напрямів.

Основою здійснення такої концепції в Україні служать прийняті на державному рівні соціально-економічна політика і нормативно-правова база, які стимулюють енергозбереження. На основі концепції розроблені міські програми енергозбереження, виконання яких передбачає широкий спектр дій і систематичної роботи міських мерій і служб, колективів окремих підприємств і організацій, а також повсякденних зусиль кожного громадянина.

Розглянемо пріоритетні напрями міських програм енергозбереження.

Містобудування, санація житлових будівель. Ефективне енерговикористання у містах закладається на етапах планування, проектування і будівництва. Енергозберігаючі рішення отримують пріоритет при плануванні житлового сектора, садово-паркової зони міста, його промислових об'єктів, міських інженерних інфраструктур, транспортних комунікацій. Будівництво країни споживає близько 15 % всіх енергоресурсів. Не менше 30 % палива, що витрачається, йде на опалювання будівель і споруд, теплотехнічні якості яких визначаються будівельною галуззю. Взаємне розміщення будівель, їх орієнтація по сторонам світу, типи будівель, види транспорту і транспортні зв'язки, структура і конструкції систем забезпечення паливом, тепловою і електричною енергією, водопостачання, каналізації, утилізації міських відходів, подальші перспективи розвитку міста, його соціально-економічна роль, все це в сукупності впливає на об'єм і ефективність споживання енергоресурсів, а також на дію енерговикористання міста на довкілля.

Згідно сучасної концепції, з точки зору енергоспоживання, проектування, будівництво і використання будівлі розглядаються як єдиний технологічний ланцюг, що має на меті мінімізувати енергоматеріальні, трудові витрати і дію на довкілля. Із загального об'єму теплової енергії, споживаної при будівництві і експлуатації будівель сьогодні, лише 10 % витрачається на виробництво будівельних матеріалів і виробів, а також на сам процес будівництва, а 90 % йде на опалювання і гаряче водопостачання, що у 2 рази більше, ніж у західноєвропейських країнах. Тому в Україні з 1994 р. були введені нові нормативи на термічні опори будівельних конструкцій (стін, дахів, перекриттів, вікон, дверей і т.п.) будівель і споруд, що захищали. Дослідження показують, що істотну економію до 14 % – теплової енергії в будівлі можна отримати при збільшенні термоопору зовнішніх стін у 2–2,5 рази. Споживання теплової енергії будівлею залежить від його геометричних розмірів, поверховості, площі скління зовнішньої поверхні, теплофізичних характеристик і розмірів будівельних і інженерних конструкцій.

Нові житлові будівлі з підвищеним термоопором зовнішніх стін і отворів повинні обладнуватися збалансованою вентиляцією, установками утилізації тепла відпрацьованого повітря і гарячої води, контрольно-регулювальною апаратурою споживання тепла і води.

У містах нашої країни здійснюються роботи з реконструкції, модернізації, капітального ремонту і термічної реабілітації, тобто **санації** раніше збудованих будівель житлового і нежитлового фонду. Санація в частині теплової ефективності означає підвищення теплозахисту будівель шляхом теплоізоляції стін мінеральною ватою і пінопластом, утеплення дахів, долівок, заміну віконних блоків, скління балконів, модернізацію систем вентиляції, реконструкцію і автоматизацію теплових вузлів, установку індивідуальних регулювальників тепла в квартирах і кімнатах, економічних освітлювальних приладів, лічильників тепла і води. Теперішнє річне споживання енергії може бути скорочене наполовину.

В нежитловому фонді (адміністративні, суспільні будівлі, культурного призначення, школи, лікарні і так далі) може бути заощаджена близько половини річного об'єму енергії, яка споживається. Розроблені і застосовуються технології теплової санації будівель шляхом зовнішнього утеплення їх фасадів.

Перший досвід санації житлового фонду показав, що будівлі, що зводяться і сануються, необхідно обладнати системами примусової керованої вентиляції. Скорочення тепловтрат на 20-30% і нормальний повітрообмін в приміщеннях можна отримати лише в результаті спільного вживання в будівлі теплоізоляції, і сучасних систем примусової вентиляції.

До найбільш ефективних систем «утеплення» будівлі відносяться системи «ПСЛ» і «термошуба». Вони є багатошаровими конструкціями з плитоутеплювача, прикріпленою до підготовленої поверхні стін спеціальним клеєм і анкерами, захисного покриття із клеючого складу, армованого одним-двома шарами сітки у поєднанні з металевими профілями і обробного покриття з тонкошарової штукатурки. Утеплювач може кріпитися до стіни механічним способом, а жорстке облицювання влаштовується на спеціальних каркасах з утворенням повітряного прошарку між плитою утеплювача і облицюванням. Як теплоізоляційні матеріали в цих конструкціях застосовуються жорстка мінераловатна плита і пінополістирол.

Сьогодні існує також широкий вибір теплоізоляційних матеріалів (піноплекс, на основі базальтової вати, стіропор і ін.) і конструкцій для утеплення дахів, горищ, підвалів, трубопроводів інженерних зовнішніх і внутрішніх мереж. На зміну традиційним канальним теплопроводам, термін служби яких складає 12-15 років, а теплові втрати досягають 20%, приходять безканальні теплогідроізовані (ПІ) теплопроводи. Така конструкція забезпечує теплові втрати на рівні 2-3% впродовж всього розрахункового терміну служби, рівного 20-30 рокам. В Україні в даний час організовується власне виробництво ПІ-теплопроводів для будівництва і реконструкції магістральних і розподільних теплових мереж.

Сучасні «суперізовані», або «мікроенергетичні» будівлі дозволяють настільки зменшити втрати тепла за рахунок теплоізоляції всіх конструкцій, що «пасивної» теплової енергії від людей, побутових електроприладів і променистого потоку через вікна достатньо для створення комфортних умов

життя без додаткової енергії від джерел опалювання. Такий енергетично «пасивний» будинок є замкнутою системою, що не має потреби або мінімально потребує вступів тепла ззовні. Особливо перспективні такі будинки при забудові приміських зон великих і малих міст, а також населених пунктів сільської місцевості будовами котеджного типу.

Існує також поняття «**екодім**». Мається на увазі житло, в якому практично не використовуються непоновлювані джерела енергії і експлуатація якого не наносить шкоди природі і здоров'ю людини. Сьогодні в США, Швеції, Японії, Німеччині побудовані комфортабельні екодому з низьким, практично нульовим енергоспоживанням, без каналізаційних мереж.

Проте є варіанти будинків, з використанням сонячного опалення і акумуляції тепла, не дорожчі за традиційні будинки. В Україні ведуться дослідницькі роботи по будівництву таких будинків.

Для каналізації в екодому передбачається використання локальних біологічних систем утилізації госппобутових стоків замкнутого циклу, або компостні туалети. Опалювання екодому зазвичай містить основну систему з сонячного теплового колектора і теплоаккумулятора і допоміжну (аварійну) – камін або пекти повільного горіння.

Вдосконалення теплопостачання. На меті опалювання, вентиляції і гарячого водопостачання в Україні витрачається 40 % від загального споживання палива. Потенціал енергозбереження за оцінками вітчизняних і зарубіжних експертів у системах теплопостачання країни складає близько 50 %. Отже, за рахунок енергозберігаючих заходів можна знизити споживання палива на потреби теплопостачання на 20 % від його загального споживання країною. Саме тому одним із пріоритетних завдань Державної програми «Енергозбереження» є вдосконалення теплопостачання.

В Україні застосовуються в основному системи централізованого теплопостачання, що знаходяться сьогодні в край незадовільному стані. Часто відбуваються аварії, що наводять до перерв теплопостачання, значного матеріального збитку, небезпеки для життя людей із-за провалів ґрунту в тепломережах, вибуху котельного устаткування і тому подібне.

Основними елементами таких систем теплопостачання є:

- джерела тепла(в основному ТЕЦ і котельні);
- магістральні і внутрішньоквартальні теплові мережі, по яких за допомогою насосних станцій здійснюється транспорт теплоносіїв і розподіл теплової енергії споживачам через центральні або індивідуальні теплові пункти;
- споживачі теплової енергії у вигляді пари, гарячої води, нагрітого повітря.

Необхідна одночасна оптимізація теплоспоживання в усіх елементах систем теплопостачання, До пріоритетних напрямів оптимізації відносяться:

- реконструкція і модернізація систем централізованого теплопостачання;
- децентралізація теплопостачання;

– регулювання режимів теплоспоживання в усіх елементах систем теплопостачання.

Реконструкція і модернізація систем централізованого теплопостачання повинна проводитися відносно джерел тепла шляхом заміни застарілого устаткування, переобладнання котельних в МІНІ-ТЕЦ, вживання парогазового циклу, газотурбінних установок і інших прогресивних технологій.

Реконструкція теплових мереж, де втрачається 20-40 % тепла, що транспортується, проводиться за допомогою санації житлового фонду, впровадження енергозбережних технологій в промисловості, модернізації схем теплопостачання, обліку і контролю споживання тепла. Окрім енергозбережного ефекту ці заходи скоротять викиди забруднюючих речовин в атмосферу, понизять аварійність роботи систем теплопостачання, підвищать комфортність в житлових і виробничих приміщеннях

Централізоване теплопостачання вимагає розгалужених мереж трубопроводів, що вимагають значних витрат на поточне обслуговування, профілактику попередження аварій, заміну застарілих, зношених ділянок. В даний час упроваджуються методи обстеження і Оперативного контролю стану теплових мереж шляхом дистанційного зондування сучасними тепловізійними системами і діагностичною апаратурою, включаючи теплове аерофотознімання, створюються бази даних для визначення місць підвищених тепловтрат, проведення планово-ремонтних робіт. Проблема втрат тепла в теплових мережах може бути вирішена лише за допомогою ефективної теплоізоляції теплопроводів.

Централізоване теплопостачання, як правило, передбачає підключення до ЦТП через елеваторний вузол трубопроводів систем опалювання і систем гарячого водопостачання групи будівель, що практично не дозволяє регулювання кількості споживаної теплової енергії. Великі можливості відносно регулювання, а також відносно обліку і контролю споживання забезпечує варіант централізованого теплопостачання житлових і суспільних будівель з пристроєм для них індивідуальних теплових пунктів, з метою створення незалежної системи приготування гарячої води і подачі тепла на опалювання.

Найважливішим напрямом вдосконалення теплопостачання міст вважається розумна міра його децентралізації, що означає будівництво на газі, рідкому паливі, електроенергії нових теплоджерел, наближених до споживача тепла, або перехід на автономні джерела теплопостачання. Децентралізація теплопостачання дозволяє зменшити втрати тепла до 40 % за рахунок повної відмови від зовнішніх теплових мереж або скорочення їх протяжності; скоротити до 15 % втрати тепла за рахунок повнішої відповідності режимів виробництва тепла і його споживання; скоротити витрати на теплопостачання; понизити втрати енергії і аварійність в системах теплопостачання (статистика свідчить, що 99 % аварій відбувається в теплових мережах, а не на ТЕЦ і в котельних); відмовитися від будівництва вузлів обліку і регулювання відпуску і споживання теплової енергії.

В нашій країні децентралізація теплопостачання здійснюється шляхом переходу до автономних систем, використанню вбудованих і прибудованих до будівлі котельних, автоматизованих місцевих блокових або модульних котелень повної заводської готовності, дахових котелень. Децентралізація енергопостачання, у тому числі теплопостачання, сприяє формуванню ринку енергоносіїв і конкуренції в області енергозабезпечення. Споживач дістає можливість вибору виробника і постачальника енергії.

У західноєвропейських країнах накопичений позитивний досвід використання локальних опалювальних систем (ЛОС) в багатоквартирних житлових будівлях. ЛОС сприяють зниженню енерговитрат в житловому фонді. Зазвичай вони включають пристрої газового опалювання, пристрою по спалюванню твердого палива і пристрої, що акумулюють сонячну енергію, тобто виконуються як комбіновані. Ці компоненти експлуатуються не одночасно, а в строго певні часові відрізки, що дозволяє економити до 30–50 % енергоресурсів в порівнянні з централізованими системами теплопостачання. Крім того, ЛОС привабливі з екологічного погляду.

Ефективним інструментом енергозбереження є погоджене регулювання теплоспоживання, його облік і контроль у всіх елементах системи теплопостачання. Проте ресурс і ефективність регулювання в окремих елементах різні. Як показали дослідження, ефект від вкладення фінансових коштів в системи регулювання теплотжерела, транспорту і розподілу споживачам складає відповідно 30, 50 і 20 %. Тому при паралельному впровадженні регулювання теплоспоживання у всіх елементах теплопостачання пріоритетним напрямом вибрано впровадження засобів регулювання на насосних станціях і теплових пунктах.

При новому будівництві приєднання споживачів до теплових мереж здійснюється за незалежними схемами через індивідуальні теплові пункти (ІТП).. У цих ІТП передбачені регулювання температури зворотного теплоносія, що поступає з системи опалювання споживача, залежно від температури зовнішнього повітря, регулювання температури води гарячого водопостачання, а також можливість переходу на знижений режим споживання тепла будівлею. Останній захід дозволяє економити до 37 % тепла за рахунок зниження температури повітря в неробочий час (у вихідні, святкові дні, вночі) в будівлях з періодичним перебуванням людей (адміністративні будівлі, школи, дитсадки, магазини і т. п.). Ще більша економія енергії досягається при організації пофасадного і поквартирного регулювання житлових будинків.

Для розширення діапазону ресурсу регулювання дуже важливі акумулятори тепло- і електроенергії, здатні в години провалів графіків навантажень в електроенергетичній системі отримувати і запасати енергію в місцях її перетворення або безпосереднього споживання.

Як один з перших кроків на дорозі оптимізації і вдосконалення систем теплопостачання міські програми енергозбереження на нинішньому етапі, як правило, передбачають забезпечення обліку вироблення і споживання теплової енергії, впровадження автоматичного регулювання в системах опалюван-

ня і гарячого водопостачання. Теплові пункти і теплові насосні станції оснащуються сучасними приладами обліку. Виробляється масова установка теплотічильників на введеннях тепломереж в житлові будинки і громадські будівлі.

Міський транспорт. Життя сучасного міста немислиме без транспорту, споживаючого значну кількість первинних енергоресурсів, включаючи високоякісні нафтопродукти. Транспорт інших галузей економіки більш чутливий до перебоїв в постачанні енергією. Проте саме в цьому секторі економіки є широкі можливості для підвищення ефективності використання енергії. Слід розрізняти короткострокові і довгострокові програми заходів щодо ефективного енерговикористання в транспортному секторі.

Короткострокові програми направлені на виробництво і поширення транспортних засобів, споживаючих мінімальну кількість енергії, вимагаючих менших витрат на їх експлуатацію. Причому, транспорт – це та область суспільної діяльності, в якій може бути найуспішніше використано правове нормативне регулювання для підвищення енергоефективності. Це пояснюється значним числом виробників взаємозамінних видів транспорту і ще більшим числом його споживачів – власників транспортних засобів. Досвід європейських країн показує ефективні способи стимулювання енергозбереження на транспорті. Короткострокові програми включають також комплекс заходів по поліпшенню організації руху в місті.

Довгострокові програми мають стратегічну спрямованість. Зокрема, йдеться про створенні транспортних засобів, що працюють на поновлюваних енергоресурсах, що можуть перемикатися при експлуатації з одного виду енергії на іншій, про створення сучасних підземних або надземних видів міського транспорту. Такі тенденції диктуються, з одного боку, цілями енергозбереження, з іншої – екологічними вимогами по збереженню чистоти повітряного середовища і дефіцитом землі в містах.

Так, в Греції була введена податкова знижка на нові невеликі автомобілі з низьким рівнем викидів за умови виводу із звернення старих машин..

Поширеним інструментом впливу на кон'юнктуру автомобілів служать також податки на паливо для двигунів.. Відомо, що транспортні засоби на дизельному паливі мають меншу витрату палива, чим транспортні засоби на бензині, особливо при роботі в міському режимі. Для їх більшого поширення в Європі було застосовано диференційоване оподаткування на бензин і дизельне паливо. Мали значення і нижчі ціни на дизельні автомобілі.

Все більший розвиток отримуватиме електрифікований транспорт, як більш екологічно чистий. Перспективними з точки зору екології є електромобілі, що використовують електричну енергію, яка може бути отримана як від акумуляторів, так і в результаті прямого перетворення поновлюваних видів енергії, наприклад, сонячною. ККД тягової установки електромобіля складає 25–30 %, тоді як ККД двигуна внутрішнього згорання – 15–20 %. Науково-експериментальні дослідження по розробці електромобілів активно проводяться в багатьох країнах світу.

Проблеми цінності міської землі і забруднення повітря викидами автомобілів при спалюванні органічного палива заставляють думати про розвиток підземного транспорту. Як між- і внутрішньоміський тип сучасного транспорту може розглядатись вертолітний рух.

Значний потенціал енергозбереження міститься в організації руху транспорту в місті, в її оптимізації. Об'єм споживання енергії на транспорті безпосередньо пов'язаний з плануванням міста, його компактністю, розташуванням його районів, найбільших віддалених об'єктів. Тому необхідно оптимально організувати систему магістралей, головних і другорядних доріг, транспортних розв'язок, регулювання швидкостей за допомогою світлофорів і дорожніх знаків, передбачити можливості раціональних проїздів, хороший стан доріг, якісне технічне обслуговування транспортних засобів.

Обмеження швидкості існують у всіх країнах практично для всіх типів доріг. Вони потрібні за умовами безпеки, але, крім того, дозволяють економити паливо. З врахуванням максимальної економії палива повинні організовуватися в сучасних містах системи стоянок транспортних засобів, гаражів, маршрутів і зупинок міського суспільного транспорту, станцій технічного обслуговування і бензозаправних станцій.

Системи освітлення. На освітлення в Україні витрачається 10–13 % від загального споживання електроенергії. Аналіз структури споживання енергії по галузях показує, що на промисловість доводиться 29 %, житловий сектор – 26 %, адміністративні і суспільні будівлі – 20 %, вуличне освітлення – 12 % від всього обсягу споживання. Таким чином, 80–90 % електроенергії на потреби освітлення витрачається на території міст і населених пунктів.

Найбільш вживані сьогодні типи ламп і характеристики наведені в табл. 6.

Таблиця 6 – Типи і характеристики ламп

Тип лампи	Характеристики
Розжарювання	Світлова віддача – 7–20 Лм/Вт (5%); КПД – 10–13 %; термін служби – 800–1000 год.; прості у виготовленні; не потрібно пускорегулюючих апаратів (ПРА)
Розжарювання галогенні	Світлова віддача – 20–30 Лм/Вт (13–25 %); енергоспоживання в 2–2,5 разу менше, ніж в ламп розжарювання, кращий спектр випромінювання; для локального і загального освітлення житлових і адміністративних приміщень, офісів, робочих місць
Газорозрядні	Світлова віддача в 2–3 рази вища, ніж в лампах розжарювання, краще перенесення кольорів, термін служби, в 5–10 разів вище більш економні, але дорожче, потрібні ПРА
Люмінесцентні	Світлова віддача – до 60 Лм/Вт, більш економні за лампи розжарювання в 2,5–3 рази, гігієнічніший спектр, термін служби – 5000 год., пожежобезпечні
Компактні люмінесцентні	Енергоспоживання в 6–7 разів менше, ніж в ламп розжарювання при однаковій освітленості, поки відносно дорогі
Натрієві низького тиску	Світлова віддача – 140–180 Лм/Вт (27 %); недоліки: великі розміри, монохроматичний засвічений, що обмежує вживання
Натрієві високого тиску	Світлова віддача – 100–120 Лм/Вт (29 %); широкий діапазон вживання – від вуличного освітлення до освітлення промислових будівель
Ртутні високого тиску	Світлова віддача – 44–57 Лм/Вт (15 %), висока одинична потужність
Металогалоїдні високого тиску	Світлова віддача – 85–100 Лм/Вт (23 %), сприятливий спектр випромінювання

Енергоефективне освітлення означає пристрій систем освітлення і організацію їх функціонування таким, щоб при забезпеченні потрібних нормами кількісних і якісних характеристик освітлення споживалася мінімальна кількість електроенергії. Виконання цих умов закладається в першу чергу при проектуванні освітлення дорогою раціональною поєднання природного світла через світлові отвори і штучного – від освітлювальних установок, загального і локального освітлення, вибору оптимальної схеми електричної мережі освітлення, кількості, типів і потужності джерел світла, їх розміщення, вибору світильників і пускорегулюючої апаратури. Поєднання хорошого природного освітлення за рахунок вибору оптимальної кількості віконних отворів, їх розміщення та розмірів, ліхтарів в стельових перекриттях і регульованого штучного освітлення, може забезпечити енергозбереження до 30-70 %. Потреба в

штучному освітленні зменшується при світлих інтер'єрах в приміщеннях, які створюють відчуття світлішого простору.

Вдосконалення норм на рівні освітлення, що діють, у напрямі точнішої адаптації до психофізіологічних характеристик людини, його практичним потребам і обліку сучасних конструктивних вирішень систем освітлення містить значний резерв економії енергоресурсів.

Усе більш широке вживання знаходять системи автоматичного управління включенням, відключенням світильників і автоматичного регулювання освітленості, а також енергоекономічні джерела світла. Зарубіжний досвід свідчить, що автоматизація освітлення дозволяє понизити енергоспоживання на 30-50 %.

Сукупність освітлювальної арматури з лампами називається світильником. Відомі недоліки люмінесцентних ламп: холодне свічення, стробоскопічний ефект, шуми, значні конструктивні габарити. З появою близько десяти років тому електронних пускорегулюючих апаратів (ЕПРА) виникла можливість створення енергоекономічних світильників з компактними люмінесцентними лампами (КЛЛ). Скорочення витрати електроенергії і підвищення ККД лампи відбувається в результаті підвищення напруги живлення частотою 20 кГц; багатократне збільшення світловидатності поверхні освітлювального приладу дозволяє зменшити його габарити. Термін служби лампи досягає 8000 годин. Компактна лампа потужністю 10 Вт забезпечує таку ж освітленість, що і звичайна лампа розжарювання потужністю 50 Вт. Термін окупності ККЛ складає 1-2 роки.

Значну економію електроенергії, на 10–30 % могла б дати широка заміна ламп розжарювання люмінесцентними в житлових будинках, громадських і промислових будівлях. У промисловості масова заміна люмінесцентних ламп натрієвими лампами високого тиску могла б понизити електроспоживання на освітлення на 20–50 %. Безумовно, ці заходи вимагають певних інвестицій і можуть бути здійснені поступово протягом 15–20 років.

Кількість енергії, використовуваної для освітлення вулиць, площ міста, під'їздів житлових будівель, можна скоротити в два рази за рахунок його регулювання залежно від часу доби і присутності людей, оптимального підбору кількості, типів і потужності світильників.

У під'їздах за допомогою автоматичних вимикачів світло може відключатися само через певний час після включення. Для автоматичного включення і виключення освітлювальних пристроїв на запрограмований проміжок часу застосовуються електронні пристрої, що управляють, – таймери. До 50 % електроенергії дозволяє заощадити використання датчиків руху, чутливих до інфрачервоного випромінювання людини, в системах управління освітленням житлових і допоміжних приміщень: коридорів, сходових майданчиків. З точки зору енергозбереження, важлива оптимізація рекламного освітлення міст.

12.2 Споживання енергії у побуті

Комунально-побутовий сектор економіки є одним з найбільших споживачів палива, теплової і електричної енергії. Сучасний побут немислимий без енергетичних послуг. Комфортні умови життя людей забезпечуються освітленням, опалюванням, вентиляцією, побутовими електричними приладами і пристроями, кондиціонуванням і т.п. Побутові комунікації, інформаційно-розважальний сервіс здійснюються за допомогою телефонів, телевізорів, магнітофонів, комп'ютерів.

Через своє географічне розташування Україна відноситься до країн з відносно холодним кліматом. Тривалість «опалювального періоду» складає близько 200 днів, що визначає значну долю енерговитрат на опалювання. На побутовому рівні споживається 30 % від всієї кількості палива, що витрачається країною. Споживана житлово-комунальним сектором тепла енергія використовується для опалювання будинків – 60–70 % і гарячого водопостачання – 30–40 %.

На жаль, побутове енергоспоживання в нашій державі вельми неефективно. Для опалювання і гарячого водопостачання квартири середньостатистичної української сім'ї з 3–4 чоловік щорік на ТЕС або котельних спалюється близько 2 тонн нафти. Крім того, нею споживається 1200–1800 кВт·г електроенергії в рік. Ці цифри в 1,5–2 рази вищі, ніж в індустріально розвинених європейських країнах з порівнянним кліматом при значно нижчому енергетичному комфорті із-за неефективного розподілу і використання енергії.

Енергетичний комфорт багато в чому визначає якість життя населення тієї або іншої країни. На сучасному світі оцінка якості життя все більше зміщується від матеріало- і енергоємних побутових приладів і пристроїв: нагрівальних печей, ламп розжарювання, енергоємних холодильників – до енергоекономічних приладів: мікрохвильових печей, газорозрядних освітлювальних установок, радіо-, телеапаратури і т.п.

Таким чином, очевидні наявність значного потенціалу енергозбереження на побутовому рівні, перш за все по тепловій енергії, і необхідність його активної реалізації як з метою економії ПЕР, так і для підвищення якості життя українців. Для вирішення цих завдань, згідно Державній програмі «Енергозбереженню», передбачений і проводиться цілий комплекс довгострокових і короткострокових заходів.

Вкрай важливо здійснювати правильне користування електропобутовими приладами для підвищення їх енергетичної ефективності.

При приготуванні їжі або кип'яченні води доцільно вимикати конфорки декілька раніше остаточної готовності або закипання води, це дозволяє заощадити до 20% електроенергії за рахунок теплової інерції розжареної конфорки. Більш економічно користуватися електрочайниками, електрокавоварками, яйцеварками, печами ПВХ і т. п., які мають ККД в 1,5–1,8 рази вище, ніж звичайні газові і електричні плити. При приготуванні декількох блюд можна зберегти від 10 до 30 % електроенергії, якщо використовувати ще не заholолі конфорки для попереднього нагріву води, для блюд, які готуються(якщо ко-

ристуватися водою кімнатної температури, що заздалегідь відстоялася, а не холодною (8–10 °С прямо з-під крану). Всі крупи має сенс замочувати з вечора, заливши гарячою водою, накривши щільно кришкою, - це також заощадить витрату енергії на приготування.

Добитися значної економії електроенергії можна при розумному поєднанні загального і локального (місцевого) освітлення на робочому столі, у вітальні для перегляду телепередач, в дзеркала в передпокої і тому подібне. Добре передбачити можливість включення частини ламп в світильниках, автоматичного відключення освітлення при виході з кімнати, використовувати сучасні енергозбережні лампи. До них відносяться, наприклад, компактні люмінесцентні лампи, КЛЛ, які споживають в 6-7 разів менше електричної енергії в порівнянні з лампами розжарювання при однаковій освітленості. Для будь-яких типів ламп світловидатність збільшується із збільшенням потужності. Використання декількох ламп малої потужності замість однієї потужної лампи в освітлювальних пристроях вимагає більше енергії. Так, 4 люмінесцентних лампи по 20 Вт дають 2/3 світла, яке можна отримати від двох ламп по 40 Вт, або 4/7 світла, яке дає одна лампа 75 Вт.

Дієвим інструментом стимулювання економії енергоресурсів в житловому секторі послужила Постанова про введення приладового обліку витрати газу, води і теплової енергії в будинках житлового фонду України, яке зобов'язало оснащувати житло, що знов вводилося і капітально ремонтване, приладами групового і індивідуального обліку.

Таблиця 7 – Заходи з енергозбереження

Спосіб	Заходи	Результат
1	2	3
Зниження теплових втрат	Усунути щілини, нещільність ватою, герметиком, монтажною піною; утеплювати дверні і віконні рами товстим папером, липкою стрічкою, завісити вікна і балконні двері товстими завісками, але не закривати ними радіатори; укріпити прозору поліетиленову плівку на вікнах (потрійне скління) або встановити склопакети; склити лоджію або балкон; встановити регульовані ґрати на вентиляційних каналах або закрити частково вентиляційні отвори в туалеті, ванні, на кухні щільним папером або картоном	Втрати тепла знижуються на 20–25 %; 15–35%; 39%
Підвищення тепловіддачі опалювальних приладів	Встановити екран, що відображає, за радіатором і під підвіконням з блискучої плівки, алюмінієвої фольги, між екраном і стіною покласти теплоізолюючий шар; встановити крани, терморегулятори на радіаторах, періодично очищати їх від пилу; ізолювати труби гарячої води повстю або пінявим матеріалом; не загороджувати радіатори меблями, килимами, шторами і тому подібне	Економія тепла, поліпшення мікроклімату в приміщенні

Закінчення табл. 7

1	2	3
Зниження споживання електроенергії	Дотримуватись дисципліни відключення освітлювальних приладів, застосовувати їх раціональне розміщення; раціонально використовувати побутові електроприлади; використовувати енергозберігаючі лампи, сучасні побутові прилади: чайники, кавоварки, печі СВЧ і т.п.; періодично розморожувати холодильник (морозильник), розмістити його в холодному місці кухні, класти лише охолоджені продукти	Економія електроенергії на 15–35 %; 30–40 %; 3–20 %
Зменшення витрати води	Усунути течу в кранах і трубах, не залишати крани відкритими, використовувати раціональний тиск струменя; мити посуд в ємності з миючим засобом, а не під струменем; приймати душ замість ванни; кип'ятити води не більше, ніж потрібно	Економії води, електроенергії, тепла
Облік та регулювання витрати енергії	Встановити лічильники електроенергії, тепла, газу, води, терморегулятори	Економія 30–50 %

До потужних організаційно-економічних інструментів підвищення енергоефективності побутових приладів і пристроїв відноситься їх маркування по рівню питомого енергоспоживання.

Ціна на товари призначається залежно від маркування і регулює поведінку виробника і споживача на ринку: стимулює виробника на випуск енергоекономічнішого устаткування, а споживача – на його придбання. Крім того, маркування енергоефективності дозволяє населенню орієнтуватися в широкій номенклатурі побутової техніки.

У країнах Європейського Союзу всі холодильники підрозділяються на 7 категорій економічності: А, В, С, D, E, F, G. Холодильники категорії А і В є високоефективними і споживають у рік близько 300 кВт год електроенергії. Холодильники категорії G мають найнижчу ефективність.

Запитання для самоперевірки

1. Назвіть основних споживачів теплової енергії у населених пунктах.
2. Назвіть пріоритетні напрямки міських програм енергозбереження та заходи, які направлені на збереження теплової енергії.
3. Які особливості споживання енергії у побуті?

13. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Відносини, що виникають у зв'язку з виробництвом, передачею, постачанням і використанням енергії, державним наглядом за безпечним виконанням робіт на об'єктах електроенергетики, незалежно від форм власності, регулюються, в першу чергу, **законами України від 16.10.1997 р. «Про електроенергетику»** зі змінами і доповненнями, від 23.06.2005 р. «Про заходи спрямовані на забезпечення сталого функціонування підприємств паливно-енергетичного комплексу» та іншими нормативно-правовими актами.

Державна політика в електроенергетиці відповідно до ст. 5 Закону «Про електроенергетику» базується на таких принципах:

- державне регулювання діяльності в електроенергетиці;
- створення умов безпечної експлуатації об'єктів електроенергетики;
- забезпечення раціонального споживання палива і енергії;
- додержання єдиних державних норм, правил і стандартів усіма суб'єктами відносин, пов'язаних з виробництвом, передачею, постачанням і використанням енергії;
- створення умов для розвитку і підвищення технічного рівня електроенергетики;
- підвищення екологічної безпеки об'єктів електроенергетики; забезпечення захисту прав та інтересів споживачів енергії;
- збереження цілісності та забезпечення надійного і ефективного функціонування об'єднаної енергетичної системи України, єдиного диспетчерського (оперативно-технологічного) управління нею;
- сприяння розвитку конкурентних відносин на ринку електричної енергії;
- забезпечення підготовки кадрів високої кваліфікації для електроенергетики;
- створення умов для перспективних наукових досліджень;
- забезпечення стабільного фінансового стану електроенергетики;
- забезпечення відповідальності енергопостачальників та споживачів;
- сприяння розвитку вітроенергетики як екологічно чистої і безпаливної підгалузі енергетики шляхом оплати вітровим електростанціям всієї виробленої ними електричної енергії у повному обсязі у грошовій формі, без застосування будь-яких видів заліків погашення заборгованості по розрахунках за електроенергію.

Державне регулювання у галузі електроенергетики здійснюють органи виконавчої влади, уповноважені Кабінетом Міністрів України.

Центральним галузевим органом державної виконавчої влади є Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, що проводить роботу відповідно до Положення затвердженого Президентом України від 14.04.2000 р. №58. Мінпаливенерго забезпечує проведення державної політики у

паливно-енергетичному комплексі, сприяє його структурній перебудові та здійснює у межах своїх повноважень координацію його діяльності, бере участь у формуванні, регулюванні та вдосконаленні ринку паливно-енергетичних ресурсів, здійснює відповідно до законодавства функції з управління об'єктами державної власності, що належать до сфери управління Міністерства.

Органом державного регулювання господарських відносин в електроенергетиці є Національна комісія регулювання електроенергетики України (НКРЕ), Положення про яку затверджене указом Президента України від 21.04.1998 р. №335. У своїй діяльності НКРЕ керується Конституцією України та законами України, постановами Верховної Ради України, указами і розпорядженнями Президента України, актами Кабінету Міністрів України.

В електроенергетиці України діє єдина централізована диспетчерська система оперативно-технологічного управління виробництвом, передачею та постачанням електричної енергії. Функції диспетчерського (оперативно-технологічного) управління виконує державне підприємство Національна енергетична компанія (НЕК) «Укренерго», яке підпорядковується Міністерству палива та енергетики України і виступає гарантом цілісності та надійного функціонування Об'єднаної енергетичної системи України. Централізоване диспетчерське (оперативно-технологічне) управління поширюється на суб'єкти підприємницької діяльності та об'єкти електроенергетики, які підключені до Об'єднаної енергетичної системи України. Структуру НЕК «Укренерго» наведено на рис. 85.

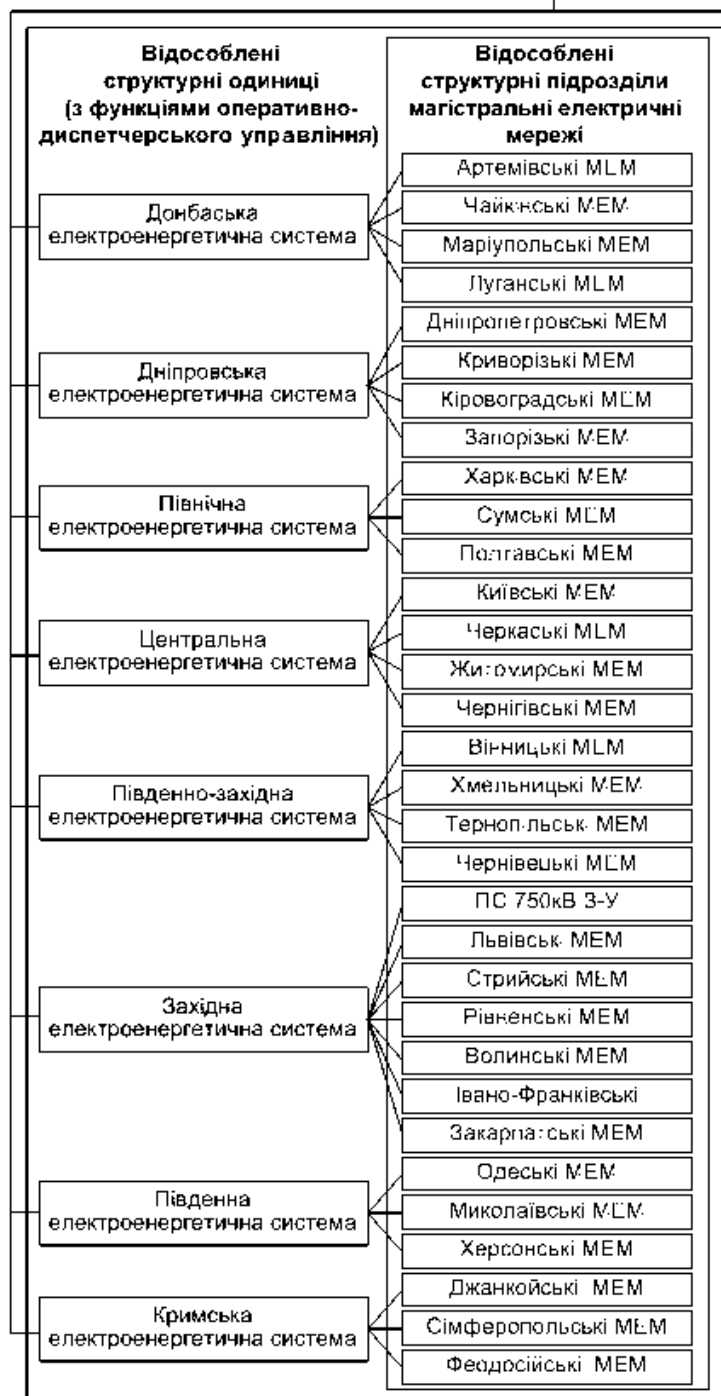


Рис. 85. Структура НЕК «Укренерго»

До основних завдань НЕК «Укренерго» відносяться:

- забезпечення цілісності та надійності ОЕС України;
- централізоване оперативно-технологічне управління ОЕС України;
- управління процесами збалансованого виробництва і споживання електроенергії у країні та регіонах.

НЕК «Укренерго» обслуговує понад 22 тис. км магістральних електричних мереж напругою 220–750 кВ.

Розрізняють дві основні складові управління: оптимізацію майбутніх рішень та їхню реалізацію. Управління системами здійснюється метода-

ми кібернетики і виконується з урахуванням складних взаємозв'язків енергетики з іншими галузями народного господарства.

Для автоматичного регулювання режимів та параметрів системи вона оснащується пристроями, які здійснюють управління процесами виробництва, перетворення та розподілу електричної енергії у нормальних та аварійних режимах без участі людини або ж при мінімальній її участі. Ці пристрої забезпечують нормальне функціонування обладнання електростанцій, підстанцій та ліній електропередач, а також необхідну якість електроенергії.

Керівництво виробкою та розподілом енергії здійснюється спеціальними **диспетчерськими службами**. Завдання оперативно-диспетчерського управління вирішуються за допомогою **автоматизованої системи диспетчерського управління (АСДУ)**. Ця система тісно пов'язана з **автоматизованими системами управління підприємств (АСУ ТП)**. Такі системи побудовані на базі пристроїв обчислювальної техніки (комп'ютерів), які отримують інформацію про поточні параметри режимів роботи електрообладнання та показники якості електроенергії, аналізують їх, та при виявленні їх відхилення від норми за допомогою закладених у них програм виробляють сигнали управління, які передаються на регулюючі пристрої агрегатів електростанцій для відповідного коректування режимів.

Не дивлячись на високий рівень автоматизації енергосистем, велика роль у цьому процесі належить людині. Для цього в електроустановках існує спеціальний **черговий персонал**, який знаходиться на щитах управління, де зосереджені прилади, сигнальні пристрої та засоби управління. На таких щитах зосереджена вся інформація про стан обладнання та його поточні режими, з них же проводиться централізоване управління основними елементами системи.

На електростанціях для цього існують **блочні щити управління (БЩУ)** та **центральный щит управління (ЦЩУ)**, а на підстанціях існує тільки один **центральный щит** (рис. 86, 87, 88).

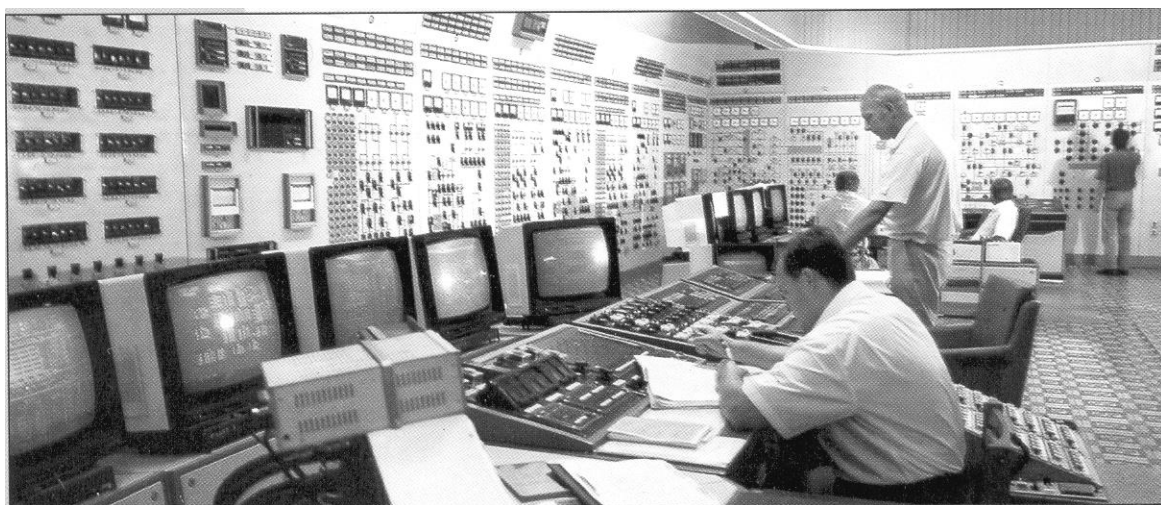


Рис. 86. Блочний щит управління АЕС

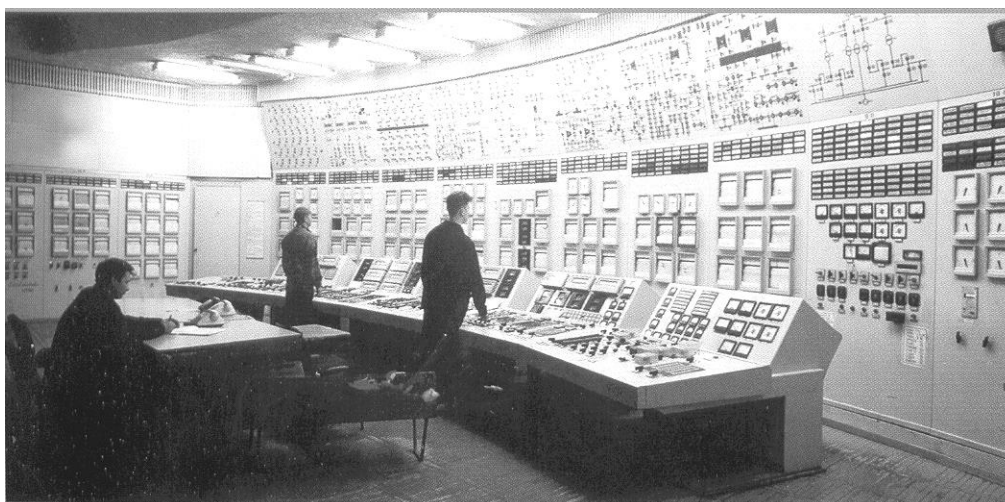


Рис. 87. Блочний щит ТЕС

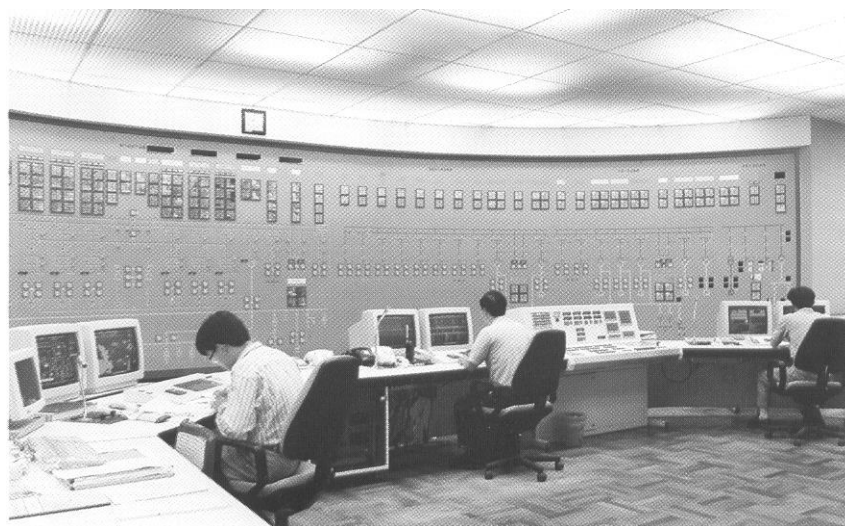


Рис. 88. Центральний щит управління електростанції

До обов'язків чергового оперативного персоналу входить контроль за роботою обладнання і управляючих пристроїв, виконання команд диспетчерів системи про ввімкнення або вимкнення обладнання станцій та підстанцій, а також прийняття негайних заходів для ліквідації аварії у разі виходу із ладу регулюючих пристроїв.

13.1. Режими роботи енергосистем

Режимом енергетичної системи називається стан, який визначається значеннями потужностей електростанцій, напруги, струмів та інших фізичних змінних величин, що характеризують процес виробництва, передачі і розподілу електроенергії, які називаються параметрами режиму. Параметри режиму повинні забезпечувати виконання енергосистемою плану вироблення енергії за кількісними і якісними показниками.

У процесі роботи ОЕС (ЕС) може знаходитися у різних режимах. У кожному із режимів вирішуються різні завдання управління та існує різний ха-

раक्टर розподілу обов'язків між оперативним персоналом територіальних ступенів управління.

Згідно з міждержавним стандартом ГОСТ 21027-75 «Системи енергетичні. Терміни та визначення» розрізняють такі режими енергосистем:

- нормальний режим роботи енергосистеми – режим роботи енергосистеми, при якому забезпечується постачання електроенергією всіх споживачів при підтримці її якості у встановлених межах;

- сталий режим роботи енергосистеми – режим роботи енергосистеми, при якому параметри режиму можуть прийматися незмінними;

- перехідний режим роботи енергосистеми – режим роботи енергосистеми, при якому швидкості зміни параметрів настільки значні, що вони повинні враховуватися при розгляді конкретних практичних завдань;

- асинхронний режим роботи енергосистеми – перехідний режим, що характеризується несинхронним обертанням частки генераторів енергосистеми;

- режим качань в енергосистемі – режим енергосистеми, при якому відбуваються періодичні зміни параметрів без порушення синхронізму.

Всі ці режими можна звести до таких трьох видів режимів:

- **нормальні режими**, коли все електрообладнання працює із розрахунковими параметрами і з найкращими техніко-економічними показниками;

- **аварійні режими**, які виникають стихійно і різко порушують нормальні режими роботи системи, створюючи небезпеку для цілісності електрообладнання та можливості виходу його з ладу;

- **усталені післяаварійні режими**, коли електрообладнання повертається до нормальної роботи після ліквідації аварії засобами автоматики.

До аварійних режимів, у першу чергу, відносяться короткі замикання (КЗ) неізолюваних металевих частин різних фаз між собою або виникнення безпосереднього контакту між металевою частиною якоїсь фази та землею. Крім того, аварійний режим може виникнути під час незапланованого вимкнення якоїсь лінії електропередач. У першому випадку струм, який протікає через обладнання, на ділянці між джерелом електроенергії і місцем короткого замикання, зростає у декілька разів, а напруга на ній значно зменшується. Струми короткого замикання викликають значні перегріви струмоведучих частин електроапаратів, електричних машин, шин та дротів, у результаті чого вони можуть зруйнуватися або, як кажуть електрики, «перегоріти». Миттєвий кидок струму к.з., крім того, викликає величезні електродинамічні сили, які діють на струмоведучі частини обладнання, а через них на ізоляцію та конструктивні елементи електричних машин та апаратів, що може привести до їх механічного руйнування.

Щодо самовільного вимкнення електрообладнання або ЛЕП, то вони викликають порушення балансу виробленої та спожитої електроенергії, а це може привести до виникнення значних перенапруг на окремих ділянках системи, що вкрай небезпечно для роботи ізоляції обладнання і врешті може вивести її з ладу. Порушення ізоляції потребує довгого ремонту обладнання і

надовго виводить його з ладу, а це, у свою чергу, може привести до порушення електропостачання споживачів та виникнення великих збитків.

Режим, який існує до аварії, та який устанавлюється після ліквідації аварійного режиму, називається **усталеним режимом**, а той, під час якого система переходить від нормального режиму до усталеного, після аварійного називається **перехідним режимом**.

При проектуванні енергосистем їх режими розраховуються для: виявлення вимог до маневрених властивостей обладнання електростанцій; вибору структури генеруючих потужностей і визначення типу необхідних до споруди електростанцій; оцінки річного вироблення енергії різних типів електростанцій і подальшої калькуляції потреби у паливі; вибору схеми розвитку електричних мереж.

Основною проблемою електроенергетики є проблема підвищення надійності роботи окремих видів електроустаткування і всієї системи в цілому. Значну роль у вирішенні цієї проблеми відіграє релейний захист та автоматика електроустановок.

13.2. Релейний захист та автоматика

Релейний захист являє собою систему пристроїв, основним призначенням яких є виявлення виникаючих у мережі пошкоджень або порушень режиму і вимкнення вимикачів пошкодженої ділянки, для відділення пошкодженого елемента або ділянки мережі від іншої частини системи. Крім того, релейний захист виявляє ненормальні режими роботи, які не потребують негайних дій для їх вимкнення, але вимагають щонайскоріших заходів для їхньої ліквідації. Прикладом може бути однофазне коротке замикання у мережі з незаземленою нейтраллю. У цих випадках захист діє спочатку на сигнал, попереджуючи експлуатаційний персонал енергоустановки про виникнення такого режиму, і лише тоді, коли персонал не в силах виявити та ліквідувати причину цього в установлені терміни, захист вимкне ділянку мережі з роботи.

Згідно з вимогами, що ставляться до захисту від коротких замикань та ненормальних режимів, в електричних установках захищають окремі їх елементи: мережі, генератори, трансформатори, шини електричних станцій та підстанцій, електродвигунів та ін.

Вибір принципу, а також тієї чи іншої схеми захисту залежить від ряду факторів: від конструкції та схеми елемента електричної установки, що захищається, його потужності, напруги, його ролі в експлуатації, умов заземлення нейтралі, умов стійкості паралельної роботи машин і та ін.

Реле являє собою пристрій для автоматичної комутації електричних ланок за сигналом, що приходить зовні і складається з релейного елемента, який має два стани стійкої рівноваги і дві групи електричних контактів, які замикаються (або розмикаються) після зміни стану релейного елемента.

В останні роки все більш широко застосовуються безконтактні реле, які замість замикання контактів виробляють відповідний сигнал (імпульс відпо-

відного знаку), що надходить потім на вхід котушки приводу вимикаючого пристрою.

Реле, які використовуються у схемах релейного захисту, можна поділити на дві категорії: ті, що працюють на тих чи інших **електричних принципах** дії, і ті, що працюють **на неелектричних принципах**. До першої категорії належать переважна більшість сучасних реле, але і деякі реле другої категорії також знайшли широке застосування (наприклад, газові реле, механічні реле частоти обертання та ін.).

Електричні реле старої конструкції, які є ще досить розповсюдженими у старих електроустановках, залежно від дії струму поділяються на електромагнітні, індукційні, електродинамічні, теплові, електронні, напівпровідникові та ін.

Виникнення в електричній установці ненормального або аварійного режиму супроводжується зміною у ній ряду електричних і неелектричних параметрів (напруга, струм, потужність, частота, температура, частота обертання машини та ін.). Залежно від того на який параметр реагує реле, розрізняють відповідно **реле струму, реле напруги, реле температури, реле частоти і т.п.**

Розрізняють **первинні реле**, які ввімкнуті безпосередньо у коло, яке вони контролюють, і **вторинні**, ввімкнуті у це коло через вимірювальні трансформатори струму і напруги.

Нарешті, за способом дії на вимикач, що вимикає пошкоджений елемент, розрізняють **реле прямої і непрямої дії**. Перші діють на вимикальний механізм вимикача безпосередньо, а другі – через проміжний електромагнітний механізм, який називається вимикальною котушкою вимикача.

До реле як до основних елементів схем релейного захисту ставиться ряд вимог. Реле повинні бути завжди готові до дії, що забезпечується старанним контролем за його станом, та їх виготовленням у пило- та вологонепроникних кожухах. Реле повинні мати відповідну точність, їх контакти повинні працювати надійно, без вібрацій та приварювання, а їх характеристики повинні бути стабільними. Нарешті, вони повинні бути простими щодо конструкції і зручними в експлуатації.

Найбільшого розповсюдження у практиці сучасного релейного захисту набули реле, які побудовані на електромагнітному принципі. Вони розподіляються на **реле клапанного типу, соленоїдні реле та реле з поворотним якорем**. Ці реле прості за конструкцією і можуть працювати як на постійному так і на змінному струмі.

Для прикладу на рис. 89 наведена конструкція клапанного електромагнітного реле з коротко замкнутим витком.

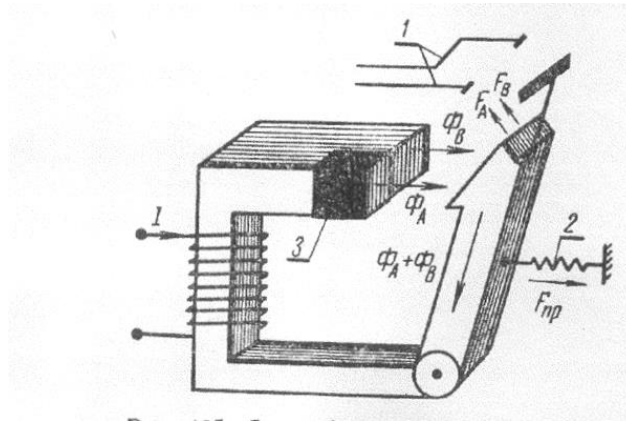


Рис. 89. Схема будови клапанного електромагнітного реле:
1 – оперативне коло; 2 – пружина; 3 – коротко замкнутий виток

С-подібне ярмо його магнітопроводу, набране з пластинок електротехнічної сталі, несе робочу обмотку. З ярмом шарнірно скріплений клапан реле, який у вихідному положенні утримується пружиною 2. Клапан, притягуючись до ярма, замикає пару нерухомих контактів оперативного кола 1 реле металеву пластинкою, прикріпленою до клапана планкою з діелектрика. Хід клапана реле такий малий, що повітряний зазор між клапаном та ярмом можна вважати практично незмінним. При цьому сила притягання, що її зазнає клапан, пропорційна квадрату індукції у повітряному зазорі:

$$F = kI^2.$$

Оскільки індукція B у зазорі при таких умовах пропорційна струму I робочої обмотки. Силі F протидіє практично стала сила пружини $F_{\text{пр}}$. Реле спрацьовує, коли F перевищує $F_{\text{пр}}$. Струм рушання реле можна змінювати, перемикаючи кількість витків у робочій обмотці, змінюючи повітряний зазор або силу пружини.

Для автоматичного вимикання вимикачем аварійного або ненормального режиму за допомогою релейного захисту (за допомогою реле непрямої дії) живлення вимикальної котушки приводу треба здійснювати оперативним струмом, який забезпечується від незалежного джерела постійного струму, наприклад, від акумуляторної батареї. В окремих випадках оперативним струмом може бути і змінний струм.

Таким чином очевидно, що релейний захист є ефективним засобом підвищення надійності електричних систем.

Існує цілий ряд автоматичних пристроїв, які також підвищують надійність електропостачання споживачів. До таких пристроїв відносяться пристрої автоматичного повторного ввімкнення ланок (АПВ), автоматичного вводу резерву (АВР), автоматичного частотного розвантаження (АЧР) та ін. Для прикладу на рис. 90 показана схема АВР.

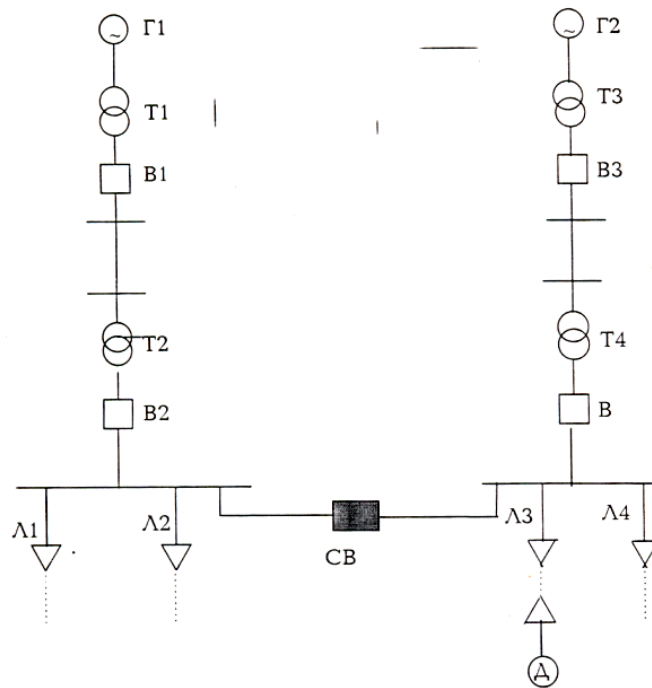


Рис. 90. Принципова схема АВР

На схемі АВР показано, що у нормальному режимі якийсь споживач отримує електроенергію по лінії Л3 від генератора Г2. У цій схемі вимикачі В1, В2, В3 і В4 замкнені і забезпечують електропостачання всіх споживачів через лінії Л1, Л2, Л3 та Л4. Секційний вимикач СВ нормально розімкнений. Коли ж у силу якихось обставин вимкнеться вимикач В4 і лінія Л3 залишиться без живлення пристрої АВР, враз же ввімкнуться вимикач СВ і дадуть живлення лінії Л3 від генератора Г1.

Для підтримання потрібної якості електроенергії на електричних станціях застосовуються спеціальні автоматичні регулятори параметрів режимів електроустановок, такі як **регулятор частоти обертання турбін, регулятор збудження генератора, регулятор горіння парових котлів та ін.**

13.3. Якість енергії та керування нею

Електроенергія – це термін, широко розповсюджений у техніці і у побуті для визначення кількості енергії, яка віддається електростанціями в електричну мережу або отримується із мережі споживачем. Електроенергія визначає енергію електричного струму, що протікає по дротах замкнутих ланок електричних кіл від виробника до споживача.

Електроенергія, як і всякий кінцевий продукт виробки, має свої властивості, або, як кажуть у техніці, параметри, які визначають її якість.

Сучасна електроенергетика базується на трифазному змінному струмі з частотою (кількістю періодів у секунду) $f = 50$ Гц. Застосування трифазного струму пов'язано з більшою економічністю мереж і установок трифазного струму в порівнянні з установками однофазного змінного струму, а також можливістю застосування асинхронних двигунів у порівнянні з двигуном інших типів.

У деяких галузях промисловості застосовується і постійний струм (електроліз – у хімічній промисловості та кольоровій – металургії, електрифікований транспорт та ін.). Постійний струм застосовується і на самих електричних станціях для живлення двигунів відповідальних механізмів, а також ланок релейного захисту і технологічної автоматики. Зараз постійний струм застосовується і для передачі великих потоків електроенергії на далекі відстані при дуже високих напругах (800 кВ і вище).

Електроенергія вважається якісною, якщо у будь-якій точці електричної системи **напруга U** та **частота електричного струму f** підтримуються на рівні номінальних, тобто таких, на які розрахована робота мереж і приймачів електричної енергії, генераторів і трансформаторів та ін.

Номінальні напруги та номінальна частота – це найголовніші показники якості електроенергії. Крім них ГОСТ 13109-97 встановлює ще 9 показників електричної енергії, які визначають її якість. Серед них такі, як відхилення напруги і частоти, коефіцієнт несинусоїдальності кривої напруги, коефіцієнт несиметрії і та ін.). Якість електричної енергії визначається допустимими діапазонами відхилень номінальних параметрів від установленної величини. Ці відхилення відносяться не тільки до абсолютної величини U і f , але й до форми кривої змінного струму.

Рівні номінальних напруг, затверджені відповідальними державними стандартами в Україні та країнах СНД, стандартні номінальні напруги трифазного струму наведені у табл. 8.

Для живлення електроосвітлення та побутових приладів застосовуються чотиридротові мережі напругою 380/220 В і рідше 220/127В.

Для живлення двигунів невеликої потужності застосовують напругу 380 В, а для великих двигунів (200 кВт і вище) застосовують напругу 6 кВ і вище. В містах, селах та на потужних підприємствах електричні мережі виконуються на напругу 10 або 20 кВ, рідше 6 кВ. Напруги 35 та 110 кВ застосовуються у розподільчих мережах при живленні недалеко віддалених споживачів від потужних електричних станцій. Напруги 220, 330, 500 і 750 кВ застосовуються для зв'язку потужних станцій між собою та передачі великих потоків електроенергії на значні відстані.

Таблиця 8 – Стандартні напруги змінного струму

Номінальні напруги, В або кВ				Найбільша робоча напру- га, кВ
Мережі та приймачі електричної енергії	Генератор	Трансформатор		
		Первинна обмотка	Вторинна обмотка	
1	2	3	4	5
	В			
220	230	220	230	
380	400	380	400	
660	690	660	690	

Закінчення табл. 8

1	2	3	4	5
	кВт			
(3)	(3,15)	(3 або 3,15)	(3 або 3,3)	(3,5)
6	6,3	6 або 6,3	6,3 або 6,6	6,9
10	10,5	10 або 10,5	10,5 або 11	11,5
20	21	20 або 21	21 або 22	23
35		35	38,5	40,5
110		110	121	126
(150)		(150)	(165)	(172)
220		220	242	252
330		330	347	363
500		500	525	525
750		750	787	787

Примітка. Величини напруг, взяті у дужки, ще застосовуються у діючих електроустановках, але не рекомендуються для застосування у нових проектах.

Кількість електроенергії вимірюється звичайно у кіловат-годинах (кВт · г).

13.4. Енергетичний ринок

В електроенергетиці діє така схема: виробництво електроенергії – оптова торгівля електроенергією – роздрібна торгівля електроенергією – споживання електроенергії. Оптова торгівля електричною енергією відбувається на оптовому ринку електричної енергії країни.

Оптовий ринок електричної енергії України – це ринок, що створюється суб'єктами господарської діяльності для купівлі-продажу електричної енергії. Це, по суті, система відносин у процесі купівлі-продажу електричної енергії, що здійснюється його суб'єктами у межах об'єднаної енергетичної системи України на підставі договорів.

Фактичне заснування оптового ринку електричної енергії відбулося 15 листопада 1996 р. на перших Загальних зборах виробників та постачальників електроенергії, які уклали багатосторонню угоду «Договір між членами Оптового ринку електроенергії», який регулює відносини на Оптовому ринку та визначає основні економічні, фінансові засади та механізми його функціонування.

До постачальників відносяться: постачальники електричної енергії за регульованим тарифом та постачальники електричної енергії за нерегульованим тарифом.

Постачальники за регульованим тарифом є постачальники, що працюють за фіксованим (регульованим державою) тарифом на електроенергію. Це, головним чином, обласні енергопостачальні компанії (обленерго), а в

окремих регіонах України структурні підрозділи «Укрзалізниці». Споживачем такого постачальника може бути будь-яка юридична або фізична особа.

Постачальники за нерегульованим тарифом – це суб'єкти господарської діяльності, які мають право поставляти електроенергію споживачам за вільним тарифом. Споживачем постачальників за нерегульованим тарифом може бути будь-яка юридична особа.

Для забезпечення функціонування Оптового ринку електричної енергії у жовтні 1998 року у складі НЕК «Укренерго» як перший крок на шляху створення державного підприємства «Енергоринок» було створено спеціалізований відокремлений підрозділ (СВП) «Енергоринок». Основною функцією цього об'єднання декількох структурних підрозділів НЕК «Укренерго» було забезпечення діяльності оптового ринку електричної енергії України згідно з вимогами договору між членами оптового ринку електричної енергії України (ДЧОРЕ).

На ДП «Енергоринок», згідно з Законом України «Про електроенергетику», Законом України «Про заходи, спрямовані на забезпечення сталого функціонування підприємств паливно-енергетичного комплексу», ліцензії НКРЕ, статутом на ДЧОРЕ покладені такі функції:

- оптового постачальника електроенергії;
- розпорядника системи розрахунків;
- розпорядника коштів ОРЕ;
- секретаріату Ради ОРЕ;
- головного Оператора системи комерційного обліку електроенергії;
- сторони ДЧОРЕ, яка відповідає за підтримку системи забезпечення функціонування ОРЕ;
- розрахункового центру.

Схема поставки електричної енергії наведена на рис. 91.

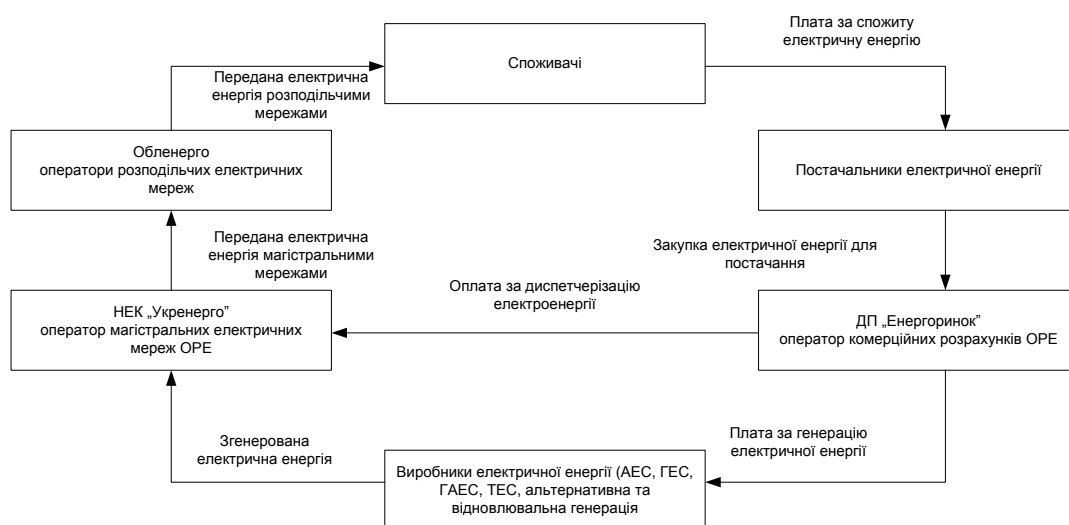


Рис. 91. Схема поставки електричної енергії

13.5. Оптимізація режимів роботи енергосистем

Термін «оптимізація» означає максимальний ефект при мінімальному використанні ресурсів. Якщо йдеться про будь-який пристрій, що споживає енергію, то мінімальне використання ресурсів – це мінімальне споживання енергії. Заздалегідь визначити необхідну кількість ресурсу для одержання максимального ефекту не так уже й просто.

Розглянемо опалення будівель. Під максимальним ефектом розуміємо підтримання температури у приміщеннях на максимально можливому рівні. Звичайно, цей ефект є максимальним, але чи є сенс у нагріванні приміщень до 35 °С? Слід, по-перше, з'ясувати для чого ми опалюємо приміщення, чи для того щоб максимально збільшити температуру в них, чи для того щоб почуватися якнайкомфортніше незалежно від зовнішніх умов? Тому перш ніж проводити оптимізацію будь-якого процесу, слід спочатку встановити однозначний критерій оптимізації, досягнення якого чітко вирішувало б поставлену задачу.

Розглядаючи оптимізацію роботи енергосистеми, ми найчастіше маємо на увазі оптимальне розподілення навантаження між електростанціями, яке відбувається за критеріями мінімуму витрати палива, мінімуму витрат на паливо чи мінімуму витрат найбільш дефіцитних видів палива.

На режими роботи теплових електростанцій вирішальний вплив мають умови покриття змінної частини графіка навантаження. Це, перш за все, відноситься до заповнення ранкового і вечірнього піку навантаження на графіку навантаження системи, а також провалів навантаження у нічну пору. У заповненні цих видів навантаження велика роль відводиться ГЕС та ГАЕС.

Запитання для самоперевірки

1. Що таке режим роботи енергосистеми і які режими ви знаєте?
2. Чому необхідно регулювати рівень напруги і частоти в енергосистемі?
3. Для чого застосовується в енергосистемі релейний захист? Опишіть роботу будь-якого реле.
4. Які функції виконують пристрої автоматики в енергосистемі? Наведіть приклад.
5. Що таке енергоринок і які його основні положення ?

14. ПРАВОВІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ОСНОВИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

У зв'язку з актуальністю проблеми державного регулювання електроенергетики важливе значення, особливо в умовах фінансово-економічної кризи, має енергозбереження. Його складність зумовлена дешевими енергоносіями, які успадкувала Україна від радянської системи господарювання, і, як наслідок, енерговитрати на одиницю ВВП у нас у 5–7 разів вище ніж у країнах Західної Європи. Марна втрата тепла на сьогодні складає біля 30 %. Альтернативні джерела енергії у загальному балансі України займають всього біля 1 %.

За таких умов вирішальне значення має саме енергозбереження державне, його забезпечення розглядається як діяльність органів державної влади і місцевого самоврядування, спрямоване на раціональне використання та економне витрачання енергії та паливно-енергетичних ресурсів при їх видобуванні, переробці, транспортуванні, зберіганні, виробленні та використанні, у тому числі альтернативних джерел енергії, зокрема сонця, вітру, води малих річок, відходів переробки сільськогосподарської продукції (енергія біомаси) тощо. Правові, економічні та інші основи енергозбереження визначені Законом України від 01.07.1994 «Про енергозбереження». Господарські правовідносини у цій сфері регулюються з метою забезпечення зацікавленості суб'єктів господарювання в енергозбереженні, впровадженні енергозберігаючих технологій, розробці і виробництві менш енергоємних машин та технологічного обладнання, закріплення їх відповідальності за енергозбереження.

14.1. Основні правові та нормативні документи у сфері енергозбереження

Впровадженню енергозберігаючих технологій надається виключно важливе значення, про що свідчать Закон України «Про енергозбереження» та інші законодавчі акти, які регулюють стосунки у сфері енергозбереження на території України.

Закон «Про енергозбереження», прийнятий Верховною Радою 01.07.1994 року, визначає правові, економічні, соціальні і екологічні основи енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань і організацій, розташованих на території України.

У цьому Законі вживаються такі поняття:

– **енергозбереження** – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка направлена на раціональне використання і економну витрату первинної і перетвореної енергії та природних енергетичних ресурсів у національному господарстві, і яка реалізовується з використанням технічних, економічних і правових методів;

– **енергозберігаюча політика** – адміністративно-правове і фінансово-економічне регулювання процесів добування, перероблення, транспортування, збереження, виробництва, розподілу і використання паливно-енергетичних ресурсів з метою їх раціонального використання і економної витрати;

– **паливно-енергетичні ресурси (ПЕР)** – сукупність усіх природних і перетворених видів палива і енергії, які використовуються у національному господарстві;

– **раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів** – досягнення максимальної ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів при існуючому рівні розвитку техніки та технології і одночасному зниженні техногенного впливу на навколишнє природне середовище;

– **економія ПЕР** – відносне скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів, яке виявляється у скороченні їх питомих витрат на виробництво продукції, виконання робіт і надання послуг встановленої якості;

– **енергозберігаюча технологія** – метод виробництва продукції з раціональним використанням енергії, який дає можливість одночасно зменшити енергетичне навантаження на навколишнє природне середовище і кількість енергетичних відходів, що отримуються у виробництві і експлуатації виробленого продукту;

– **норматив витрат палива і енергії** – регламентована величина витрат палива і енергії для даного виробництва, продукції, роботи, послуги;

– **вторинні енергетичні ресурси** – енергетичний потенціал продукції, побічних і проміжних продуктів, який виходить у технологічних агрегатах (установках, процесах) і не використовується у самому агрегаті, але може бути частково або повністю використане для енергопостачання інших агрегатів (процесів).

– **нетрадиційні і поновлювані джерела енергії** – джерела, які постійно існують або періодично з’являються у навколишньому природному середовищі у вигляді потоків енергії Сонця, вітру, тепла Землі, енергії морів, океанів, річок, біомаси.

Основні положення закону України «Про енергозбереження» визначають необхідність використання енергозберігаючих технологій, і показують інтерес з погляду взаємодії між державою і відповідною галуззю при використанні різноманітної техніки і технологічного устаткування.

Для ефективної реалізації цього закону був виданий указ Президента України (№ 666 від 26.07.1995 р.) «Про створення Державного комітету України з енергозбереження» ; прийнята Ухвала КМУ «Про управління сферою енергозбереження» від 09.01.1996 р. № 20; виданий Наказ Державного комітету з енергозбереження №10 «Про енергозбереження» від 05.03.1996 р.; затверджена Верховною Радою України Національна енергетична програма України на період до 2010 р. (Ухвала № 191/96-вр від 15.05.1996 р.); прийнята Державна Комплексна програма економії енергії, яка передбачає впровадження енергозберігаючих технологій. (Ухвала КМУ № 148 від 05.02.1997 р.); вийшла Ухвала КМУ № 786 від 15.07.1997 р. «Про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві»; затверджений Мінюстом і узгоджений Національною комісією з питань регуляції електроенергетики України, Наказ Міненерго №37 від 14.11.1997 р. про

введення нової методики розрахунків за перетікання реактивної електроенергії між енергопостачальними організаціями і її споживачами.

Крім того, був прийнятий закон «Про альтернативні джерела енергії» прийнятий (17.10.2000 р.), який визначає правові, соціальні, економічні, екологічні і організаційні принципи використання альтернативних джерел енергії і направлений на створення необхідних умов для розширення їх використання у паливно-енергетичному комплексі України.

У цьому Законі використовуються такі терміни і визначення.

Альтернативні джерела енергії – джерела енергії, до яких відносять сонячне випромінювання, вітер, біомасу, малі річки, геотермальні води, теплові викиди промисловості, хвилі морського прибою і т. п., які існують постійно або виникають періодично у навколишньому природному середовищі.

Альтернативна енергетика – підгалузь енергетики, яка забезпечує вироблення електричної, теплової і механічної енергії з альтернативних джерел енергії.

Енергія з альтернативних джерел – електрична, тепла і механічна енергія, яка проводиться на об'єктах альтернативної енергетики і є товарною продукцією, призначеною для покупки-продажу.

Об'єкти альтернативної енергетики – устаткування, яке енергогенерує енергію за рахунок використання альтернативних джерел енергії, частка яких складає не менше як 70 %.

Сфера альтернативних джерел енергії – галузь діяльності, яка зв'язана з використанням альтернативних джерел енергії для виробництва, транспортування, зберігання, передачі і споживання енергії, виробленої з використанням альтернативних джерел.

14.2. Економічні та фінансові механізми енергозбереження

Економічні заходи для забезпечення енергозбереження передбачають **комплексне застосування економічних важелів та стимулів** для орієнтації управлінської, науково-технічної і господарської діяльності підприємств, установ та організацій на раціональне використання і економію паливно-енергетичних ресурсів.

У першу чергу, це визначення джерел і напрямів фінансування енергозбереження, створення бази для реалізації економічних заходів управління енергозбереженням у вигляді системи державних стандартів, які містять показники питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів для основних енергоємних видів продукції та технологічних процесів в усіх галузях народного господарства. Слід широко використовувати систему державних стандартів у сфері енергозбереження при визначенні розмірів надання економічних пільг та застосування економічних санкцій.

Ефективною формою впливу на виробників та споживачів є введення відрахувань від вартості фактично використаних підприємствами паливно-енергетичних ресурсів та введення плати за нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів у вигляді надбавок до діючих цін та тарифів за-

лежно від перевитрат паливно-енергетичних ресурсів щодо витрат, встановлених стандартами.

Необхідно застосовувати і примусові економічні санкції за марнотратне витрачання палива та енергії внаслідок безгосподарної або некомпетентної діяльності працюючих.

З метою зацікавленості юридичних і фізичних осіб у розробках, впровадженнях патентних винаходів та використанні енергозберігаючих технологій, обладнання і матеріалів слід вводити систему надання їм субсидій, дотацій, податкових, кредитних та інших пільг.

Закон передбачає матеріальне стимулювання колективів та окремих робітників за ефективне використання та економію паливно-енергетичних ресурсів, впровадження розробок, захищених патентом.

Джерелами фінансування заходів щодо ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів є Державний фонд енергозбереження, власні та позикові кошти підприємств, установ і організацій, державний бюджет України, місцеві бюджети, а також інші джерела.

Запитання для самоперевірки

1. Назвіть основні правові та нормативні документи у сфері енергозбереження.

2. Назвіть основні економічні та фінансові механізми у сфері енергозбереження.

15. ЕКОЛОГІЯ І ЕНЕРГЕТИКА

Термін «**екологія**» (грецьке **oikos** – житло, будинок і **logos** – наука) ввів у науку німецький вчений – зоолог Ернест Геккель у 1866 році у своїй праці «Загальна морфологія організмів» для визначення біологічної науки про відношення організмів з середовищем їх існування. Але згодом зміст цієї науки було розширено за рахунок вивчення можливих наслідків зазначених вище відношень, допустимих навантажень на природні системи, а також розробки заходів з охорони оточуючого середовища від забруднення та запобігання її деградації, раціонального природовикористання і відновлення ресурсів.

Історія взаємодії людини і природи нараховує біля 3–3,5 млн років. Але якщо на перших етапах свого існування людина тільки використовувала готові продукти природи (мисливство, рибальство) і суттєвого впливу на природу не мала, то з розвитком промисловості (18–19 сторіччя) положення корінним чином змінилося. Почався бурхливий розвиток промисловості і енергетики, інтенсивне використання паливних і гідроресурсів, мінеральних, органічних та інших багатств природи.

Швидко почало розвиватися сільське господарство, транспорт, почалась бурхлива урбанізація. І якщо раніше зміни у природі, викликані господарською діяльністю людей, носили, як правило, локальний характер, то промислова революція, яка створила грандіозні продуктивні сили, привела до різкого збільшення використання природних ресурсів, втягування у господарський обіг нових джерел сировини та енергії, значному посиленню впливу суспільства на природу.

У результаті, почали скорочуватися площі лісу, зникли багато видів тварин, збільшилися площі еродованої землі, почалося промислове забруднення природного середовища, а ресурси землі стали різко скорочуватися. Таким чином на початку 21 сторіччя відношення між суспільством і природою, особливо у великих індустріальних районах, стали набувати критичного характеру. Наведемо тільки деякі приклади.

За останнє сторіччя через зміну клімату та географічних ландшафтів, через втілення в агротехніку отруйних речовин (пестицидів) та неорганічних добрив, через полювання на екзотичних тварин та осушення боліт, через вирубку лісів зникло сотні видів диких тварин та птахів, а кількість деяких налічує лічені одиниці. Всього у світі знищено біля 20 видів ссавців та 150 видів птахів. Зараз приблизно 25 % усіх видів трав'янистих та 11 % видів птахів загрожує загибель.

Велике екологічне значення мають рослини, які відіграють важливу роль у круговороті речовин в природі. Іще у 900-х роках нашої ери більшу частину території Західної Європи покривали величезні масиви лісу, але вже у 18 столітті їх практично не було. Залишилися лише окремі невеликі острови лісів.

Зникли величезні лісові масиви у басейні Середземного моря, в Італії, Іспанії, Західній Європі, Північній Африці, в Північній Америці та ін. З удосконаленням технічних засобів цей процес стає прискореним.

Викликає величезне занепокоєння стан із забрудненням води на землі, але ж вода – це джерело життя всього живого.

Прісна вода є поновляємим ресурсом, але її запаси дуже обмежені. Останнім часом йде інтенсивне забруднення водоймищ через викиди у них рідких відходів підприємств чорної та кольорової металургії, хімічної та нафтохімічної, целюлозно-паперової і легкої промисловості. Забруднюються не лише води водоймищ, але й вода верхніх підземних горизонтів. Телебачення України неодноразово показувало передачі про випадки, коли окремі населені пункти не могли використовувати воду з колодязів через надлишок у ній шкідливих для здоров'я примішок.

Основними неорганічними забруднювачами води є важкі метали, наприклад, з'єднання миш'яку, свинцю, кадмію, ртуті, хрому, міді, та ін., які пригнічують мікрофлору і приводять до загибелі риби та інших водних організмів.

Добре відомо, що ґрунт є найважливішим фактором існування всіх живих істот, у тому числі і людини. Знищення лісів та нерозумна агротехніка, приводить до виснаження землі, порушення біологічної рівноваги у ґрунті та його ерозії. Підраховано, що до 1937 року в результаті ерозії землі тільки в США втрачено більше, ніж 114 млн га родючої землі. Тут людство зіштовхнулося з порушенням природної рівноваги у чисто економічній площині, коли нерозумне перетворення природи обернулося проти самих перетворювачів.

На жаль, розвиток енергетики вніс свою частку в погіршення екологічної обстановки на планеті. Це, у першу чергу, стосується забруднення повітря димовими відходами теплових і атомних електростанцій. Головні забруднювачі, які містяться у газах, що виходять з димових труб ТЕС, це диоксид сірки (SO_2), оксид та диоксид вуглецю (CO , CO_2), та оксиди азоту (NO_x). Всі ці гази відносяться до парникових газів, але найбільша їх екологічна небезпека полягає у високій токсичності і здатності утворювати кислотні дощі при їх сполученні з водою.

Під час згорання рідкого і твердого палива, крім зазначених вище сполук, виникає проблема з утворенням золи.

Спалювання твердого палива спричиняє дві екологічні проблеми:

- викиди частинок золи у вигляді аерозолів в атмосферу;
- нагромадження великої кількості твердих відходів у вигляді золошлакових відвалів поблизу джерела спалювання твердого палива.

Наявність золошлакових відвалів призводить до теплового забруднення літосфери і атмосфери, до спотворення ландшафту і забруднення ґрунтових вод.

Кислотні дощі, які опадають на землю, завдають шкоду рослинам, підкислюють ґрунт, прискорюють процес корозії металів, викликають та загострюють захворювання дихальних шляхів людини і тварин, а також атеросклероз і пов'язані з ним захворювання коронарних судин серця. Лікарі вважають, що вміст сірчаного газу в атмосфері в кількості 400–500 мг /м³ представляє небезпеку для життя людини.

Щоб оцінити масштаби біди, слід мати на увазі, що тільки одна ТЕС потужністю 2 млн кВт за один тільки рік викидає в атмосферу 43 тис. т золи, 220 тис. т сірчаного ангідриду, 38–40 тис. т ядовитих окислів азоту, коло 1 тис. тонн вуглекислого газу.

Технологічний процес виробки електроенергії на ГЕС екологічно чистий, бо при цьому відсутні будь-які шкідливі викиди у зовнішнє середовище. Однак будівництво гідроелектростанцій часто приводить до затоплення великих площ орної землі. Більша частина цих земель відноситься до високопродуктивних сільськогосподарських і лісових угідь. Територія затоплення може бути дуже великою.

Крім того, треба мати на увазі, що крім постійного затоплення земель, ми маємо справу з постійним та тимчасовим підтопленням земель. Зони підтоплення утворюється в результаті підйому ґрунтових вод і приводять до заболочення земель, підтоплення різних споруд і населених пунктів і погіршенню санітарних умов місцевості.

У деяких водоймищах через появу мілководдя виникають несприятливі **гідробіологічні і гідрохімічні процеси**, які приводять до розкладання органічних речовин і цвітіння води. Це все, у свою чергу, веде до загибелі риби у водосховищі та прилягаючих до нього ділянках річки.

Непрямі дії водосховищ полягають у зміні клімату, яке проявляється у зоні їх впливу, а саме у підвищенні вологості повітря і утворенні достатньо частих туманів. Спостерігаються зміни багатьох метеорологічних показників у зонах, які прилягають до водосховищ. Створені при ГЕС водосховища суттєво впливають на рибне господарство.

Що стосується АЕС, то при нормальних режимах роботи вони не більш небезпечні, ніж багато інших об'єктів промислового призначення. У нормальних умовах іоназичий фон АЕС не більший, ніж нормальний фон Землі. Проблему складає лише захоронення відходів радіаційного палива. Основна загроза природі від АЕС – це можливі радіаційні викиди.

Величезну загрозу для екології та людства складають технологічні катастрофи на об'єктах енергетики, такі як аварія на Чорнобильській АЕС, яка склала реальну загрозу здоров'ю та життю мільйонів людей. Від радіоактивного забруднення постраждали території України, Білорусії та Росії. Прямі збитки однієї тільки Білорусії від цієї катастрофи склали більше 235 млрд доларів.

Не використовується земля під повітряними лініями електропередач через дію електромагнітного випромінювання, яке негативно впливає на всі живі організми. Проведені вченими дослідження показали, що сильні електромагнітні поля викликають у людини функціональні порушення серцево-судинної системи та порушення неврологічного характеру. Спеціалісти енергетики всього світу прикладають багато зусиль, щоб зменшити негативний вплив енергетичних об'єктів на оточуюче середовище. Для боротьби зі шкідливими викидами у повітря на ТЕС втілені спеціальні системи очистки відходячих з котла газів, які затримують тверді аерозольні частинки та газові

викиди. Розробляються більш досконалі технології спалювання палива, які зменшують кількість шлакових викидів. Робляться спроби використання шлаків у будівництві.

Рішення глобальних екологічних проблем можливо лише при об'єднанні зусиль всієї світової спільноти, оскільки в їх основі лежать процеси планетарного масштабу. Велике значення для цього мала Конференція ООН з питань оточуючого середовища і розвитку, яка відбулася в Ріо-де-Жанейро у 1992 році. На цій конференції була розроблена концепція стійкого розвитку суспільства і запропонована для підпису ціла низка конвенцій про охорону кліматичних ресурсів та про біологічну різноманітність.

Сучасна система міжнародного екологічної співпраці йде шляхом парламентського співробітництва, взаємодії виконавчої влади держав з розробки і реалізації екологічних програм, науково-технічного співробітництва, проведення міжнародних екологічних форумів.

Основною міжнародною невідомою організацією на сьогодні є Міжнародний союз охорони природи і природних ресурсів (МСОП) заснований ЮНЕСКО у Фонтенбло (Франція, 1948). За ініціативою цієї організації була створена **Червона книга** про стан популяції рідких тварин та зникаючих видів трав'янистих, рептилій та амфібій. Зараз складається **Зелена книга**, яка утримує відомості про унікальні і рідкі ландшафти земної кулі.

Запитання для самоперевірки

1. У чому проявляється вплив діяльності людини на природу?
2. Чому посилюється вплив людини на природу в процесі розвитку науково-технічного прогресу?
3. Як впливають ТЕС на оточуюче середовище?
4. Як впливають ГЕС на оточуюче середовище?
5. Яка основна загроза природі від АЕС?
6. Як впливають на оточуюче середовище ЛЕП?
7. Які заходи здійснюються суспільством для захисту природи?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Конституція України. – К., 1996.
2. Артюх С.Ф. Вступ до спеціальності «Електричні станції». – Х. : «Прапор», 2006. – 224 с.
3. Разработка и внедрение системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 на предприятиях ДТЭК ЭНЕРГО / Е.В. Бориченко, О.В. Горбунов, С.П. Денисюк, В.И. Дешко, О.А. Закладной, О.В. Коцар, В.Ф. Находов, В.В. Прокопенко, М.М. Шовкалюк; Под общ. ред. С.П. Денисюка. – К. : Наш формат, 2014. – 504 с.
4. Маляренко В.А. Энергозбереження та енергетичний аудит : навч. посіб. / В.А. Маляренко, І.А. Немировський. – Х. : НТУ «ХПІ», 2010 – 371 с.
5. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
6. Избранные труды в пяти томах. – Т. 3. Современная тепловая электростанция. – Х. : Институт системных исследований в энергетике, 2006. – 492 с.
7. Избранные труды в пяти томах. – Т. 2. Экологические аспекты энергетики. – Х. : Институт системных исследований в энергетике, 2006. – 256 с.
8. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. – К., 1999. – 298 с.

Навчальне видання

АРТЮХ Станіслав Федорович
ЛАЗУРЕНКО Олександр Павлович
МАХОТИЛО Костянтин Володимирович
ЧЕРКАШИНА Галина Ігорівна
ВЕРЕМІЙЧУК Юрій Андрійович

ВСТУП ДО ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Навчальний посібник
Для студентів спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка»

Відповідальний за випуск *проф. О.П. Лазуренко*
Роботу до видання рекомендував *проф. Ю.М. Веприк*
Редактор *Н.В. Верстюк*

План 2017 р., поз. 157

Підп. до друку 11.11.2017 р. Формат 60х84 1/8. Папір офсетний.
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 13,2. Наклад 100 пр., 1-й з-д 1 –50
Зам. № 11. Ціна договірна

Видавець і виготовлювач
Видавничий центр НТУ «ХПІ»
вул. Кирпичова, 2, м. Харків-2, 61002

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.